AGB
Q. 2/3

Pyronomik
Optik

Q 2/3

Q 2/3

Tiberius Cavallo's

ausführliches Handbuch

der

Experimental-Naturlehre

in ihren

reinen und angewandten Theilen.

Aus dem Engliſchen

mit Anmerkungen

von

D. Johann Bartholomä Trommsdorff.

Profeſſor der Chemie auf der Univerſität zu Erfurt, wie auch Apotheker daſelbſt, und mehrerer gelehrten Geſellſchaften Mitglied.

Dritter Band.

Mit 5 Kupfertafeln.

Erfurt,

in der Henningsʼſchen Buchhandlung 1805.

GYMNAS. BIBLIOTHEK BAMBERG

Staatliche
Bibliothek
Bamberg

Inhalt.

Erſter Abſchnitt.

Von dem Wärmeſtoff, oder dem Grundſtoff, welcher die Erſcheinungen der Hitze, des Feuers u. ſ. w. hervorbringt Seite 5

Erſtes Kapitel.

Theorie der Wärme 6

Zweytes Kapitel.

Von dem Thermometer u. der durch die Wärme bewirkten Ausdehnung der Körper. 14

Drittes Kapitel.

Von der Kapacität der Körper für den Wärmeſtoff, und von ihrem ſpecif. Wärmeſtoff. 63

Viertes Kapitel.

Von der Hervorbringung, der Mittheilung und der Anwendung der Wärme und Kälte. 85

Zweyter Abſchnitt.

Grundſätze der Optik, oder von dem Lichte, den Farben und dem Geſichte. 129

Erſtes Kapitel.

Von der Natur des Lichts überhaupt 130

Zweytes Kapitel.

Von der Katoptrik. 141

Drittes Kapitel.

Von der Dioptrik. 164

Viertes Kapitel.

Von der Beugung des Lichts, den Farben dünner durchſichtiger Körper, und von den Farben überhaupt 193

Fünftes Kapitel.

Von den Linſen und ihren Wirkungen 209

Sechſtes Kapitel.

Von dem Auge und dem Sehen 232

Siebentes Kapitel.

Beſchreibung der vorzüglichſten optiſchen Inſtrumente. 264

Ausführliches Handbuch

der

Experimental-Naturlehre

in ihren reinen und angewandten Theilen.

Dritter Band.

Experimental = Naturlehre.

Unſre Kenntniß von den verſchiedenen Grundſtoffen natürlicher Körper erſtreckt ſich nicht weiter als bis auf ihre auffallendſten Wirkungen. Die Aehnlichkeit einiger dieſer Wirkungen und die Unähnlichkeit anderer zeiget uns, daß jene Grundſtoffe verſchiedene ihnen beſonders oder ausſchließlich zukommende Eigenſchaften beſitzen, und dies ſetzt uns in den Stand gewiſſe allgemeine Regeln aufzuſtellen, die wir Naturgeſetze nennen. Daraus folgt alſo, daß alles, was wir in Anſehung des weſentlichen oder einfachen Zuſtandes jener Grundſtoffe ſagen können, auf bloßen Vermuthungen und Hypotheſen beruht. Indeſſen macht doch die mehr beſtimmte Natur einiger derſelben unſre hypothetiſche Kenntniß von dem Weſen dieſer wahrſcheinlicher und weniger zweydeutig, als es in Anſehung anderer Grundſtoffe der Fall iſt.

Von dieſen überhaupt ſind beſonders viere, wegen ihrer bewundernswürdigen Wirkungen und ihres ausgebreiteten Einfluſſes, einer genaueren Unterſuchung unter-

worfen worden. Sie ſind: Wärmeſtoff, Licht, Elektricität und Magnetismus, und die Darlegung der vornehmſten Eigenſchaften dieſer natürlichen Agentien, die Angabe der wahrſcheinlichſten Meinungen von dem Weſen derſelben und die Aufzählung der wichtigſten Vortheile, die ſie uns gewähren, das wird den Inhalt des gegenwärtigen oder dritten Theils dieſer Experimental-Naturlehre ausmachen. Er wird daher in vier Abtheilungen zerfallen, von denen jede, in ſo weit es mit Deutlichkeit und fürnichter Kürze beſtehen kann, wieder ſo viel Kapitel enthalten wird, als es die Natur des jedesmaligen Gegenſtandes erfordert.

Erſter Abſchnitt.

Von dem Wärmeſtoff oder von dem Grundſtoff, welcher die Erſcheinungen der Hitze, des Feuers u. ſ. w. hervorbringt.

Es iſt zwar ſchon in dem vorhergehenden Bande, in welchem die Natur der Verwandtſchaften der verſchieſchiedenen Grundſtoffe zu einander kurz erläuteet wurde, ein allgemeiner Begriff von dem Grundſtoffe, welcher die Urſache der Wärme u. ſ. w. iſt, gegeben worden, demohngeachtet aber kann ich es nicht vermeiden, im folgenden einige von den beſondern Umſtänden zu wiederholen, deren bereits iſt erwähnt worden, allein da dies mit der möglichſten Kürze geſchehen und dieſe Wiederholung auch zugleich die Sache deutlicher machen wird, ſo glaube ich, daß dies dem Leſer einen hinreichenden Erſatz für die Mühe gewähren wird, einige Sätze zum zweitenmale durchleſen zu müſſen.

Erſtes Kapitel.

Theorie von der Wärme, oder die allgemeinen Wirkungen einer Wärme erzeugenden Flüſſigkeit.

Wenn man ſich einem gewöhnlichen Feuer nähert, ſo bekömmt man eine Empfindung welche **Wärme** genannt wird; entfernt man ſich von dem Feuer und nähert ſich dargegen einem Klumpen Eis, ſo bekömmt man eine andere Empfindung, die man Kälte nennt. Indeſſen wird man bey einer genaueren Unterſuchung finden, daß die Worte **hitzen** und **kälten** oder **Hitze** und **Kälte** nur relative Ausdrücke ſind, indem ein und derſelbe Körper dem einen warm, einem anderen aber kalt, oder auch ſelbſt einer und derſelben Perſon heiß und kalt vorkommen kann. Man laſſe zum Beiſpiel jemanden die eine ſeiner Hände an einem Feuer erwärmen, die andere aber in Schnee abkühlen, und dann beyde Hände in Waſſer von mittlerer Temperatur ſtecken, ſo wird einerley Waſſer ihm an der einen Hand die Empfindung von Kälte, an der anderen aber, die Empfindung von Hitze verurſachen.

Es iſt unmöglich einen beſtimmteren Begriff oder eine genauere Beſchreibung von dieſen Empfindungen zu geben, als durch die gewöhnliche Bedeutung jener

Worte ſelbſt ausgedrückt wird. In Anſehung der durch die Annäherung zu einem Feuer oder zum Eiſe hervorgebrachten ſichtbaren Wirkungen aber, oder in Anſehung der verſchiedenen Grade von Wärme und Kälte, läßt ſich eine beſtimmtere Antwort geben, indem man nemlich ſagen kann: daß alle Wirkungen der Wärme auf eine Vergrößerung des Volumens oder auf eine Trennung der Theile aller Arten von Körpern, und im Gegentheile alle Wirkungen der Kälte auf eine Zuſammenziehung des Volumens, oder eine gegenſeitige Annäherung der Theile aller Arten von Körpern reduzirt werden können.

Der menſchliche Körper und jeder Theil eines thieriſchen Körpers, ein Stein, ein Stück Metall oder Glas, kurz jeder Körper, er ſey nun feſt oder flüſſig, wird größer wenn er erwärmt wird und kleiner durch das Erkalten, aber verſchiedene Körper werden durch einerley Grad der Wärme mehr oder weniger expandirt oder ausgedehnt und durch einerley Grad der Kälte mehr oder weniger zuſammengezogen. Aber Körper werden durch einerley Grade der Wärme oder Kälte nicht nur verſchieden ausgedehnt oder zuſammen gezogen, ſondern ſie bekommen auch dadurch verſchiedene Formen oder Geſtalten. So wird zum Beyſpiele, ein Stück Eis, das bis zu einem gewiſſen Grade erwärmt wird, in fließendes Waſſer verwandelt; durch eine Vermehrung der Wärme, wird das Volumen des Waſſers vergrößert und nach einer gewiſſen Zeit wird das Waſſer eine elaſtiſche Flüſſigkeit, nemlich Dampf. Wird nun die Wärme noch mehr vermehrt, ſo wird dieſer Dampf immer größer und wir kennen die Grenzen nicht, bis zu denen er ſich ausdehnen kann. Die Kälte nun bringt in eben der Ordnung die entgegengeſetzten Wirkungen hervor, nemlich eine Dampfquantität wird dadurch immer kleiner an Um-

fang, bis ſie flüſſiges Waſſer wird und endlich wird das Waſſer ein feſter Körper, nemlich: Eis.

Daß das erwähnte Geſetz auch für den umgekehrten Fall gelte, iſt ziemlich befriedigend durch Verſuche bewieſen worden, nemlich: daß wenn eine gewiſſe Subſtanz in einen engeren Raum zuſammengedrückt wird, ihr eine Quantität von Wärme entgehen und den ſie umgebenden Körpern mitgetheilt werden wird und daß im Gegentheil, wenn eine gewiſſe Subſtanz in einen größeren Raum ausgedehnt wird, ſie eine Quantität Wärme von den ſie umgebenden Körpern abſorbirt oder einſchluckt, indem dieſe dadurch kalt werden. Wenn man, zum Beyſpiele, ſeine Hand naß macht und ſie darauf der freyen Luft ausſetzt, ſo ſchluckt das Waſſer, indem es ſich ſelbſt zu Dunſt ausdehnt, eine Quantität Wärme von der Hand ein, und dieſe wird dadurch fühlbar kalt. Wenn Luft, die durch Kunſt in einem ſtarken Gefäße zuſammengepreßt worden, durch eine Oefnung aus demſelben herausgelaſſen wird, ſo wird ſie, indem ſie ſich expandirt, eine Quantität von Hitze einſchlucken. Wenn ein Stück Metall zuſammengepreßt wird, ſo entſteht Hitze. Wenn Waſſerdunſt verdichtet wird, ſo wird auf den Körpern, die mit ihm in Berührung kommen, Wärme abgeſetzt.

Der Zutritt von Hitze vermindert die gegenſeitige Anziehung, oder die zuſammenhäufende Anziehung der Theilchen der Materie, indem ſie dieſe von einander entfernt, wovon die Folge iſt, daß ihre Anziehung gegen andere Körper, alſo die Verwandtſchaftsanziehung, ſtärker wird. Daher bewirkt die bis zu einem gewiſſen Grade getriebene Erhitzung Zerſetzungen und Zuſammenſetzungen, die man überhaupt Verbrennungen genannt hat. Haben aber die erhitzten Subſtanzen keine

ſolche Verwandtſchaften, oder ſind ſie nicht ſtark genug erhitzt worden, um ihre Verwandtſchaften ſo thätig oder wirkſam zu machen, daß ſie Zerſetzungen und neue Verbindungen bilden können, dann nennt man die Veränderung welche die Subſtanzen erfahren haben, nicht eine Verbrennung, ſondern man ſagt von ihnen, daß ſie erhitzt, oder verdünnt, oder glühend das heißt rothglühend gemacht, oder erweicht, oder flüſſig gemacht, oder verdunſtet u. ſ. w. worden, je nach dem nemlich eine von dieſen Wirkungen hervorgebracht oder bewirkt worden iſt.

Die Wärme durchdringt Körper von allen Arten, denn jeder Körper ohne Ausnahme, der an ein gewöhnliches Feuer gebracht wird, wird entweder ausgedehnt, oder weich, oder glühend gemacht, oder zeigt überhaupt irgend eine Wirkung der Erhitzung. Und eben dies iſt auch der Fall in Anſehung des Kaltwerdens. Dieſe Hitze aber durchdringt nicht alle Arten von Körpern mit gleicher Geſchwindigkeit, ſondern ſie geht durch gewiſſe Körper geſchwinder oder leichter als durch andere. Daher ſagt man von den erſteren, daß ſie beſſere Wärmeleiter ſeyen als die letzteren. Indeſſen kennt man keinen Körper von dem man ſagen könnte, daß er ein abſoluter oder vollkommner Nichtleiter für die Wärme ſey. — Eben dies gilt auch in Anſehung der Kälte.

Was die Mittheilung der Wärme betrifft, ſo hat man die Beobachtung gemacht, daß, wenn ein warmer Körper unter kältere gebracht, oder wenn in gewiſſen Prozeſſen, durch gewiſſe Körper unter kälteren Körpern Wärme erzeugt wird, dieſe Wärme nach und nach von den erſteren Körpern zu den letzteren übergeht, ſo daß jene weniger warm, die letzteren aber wärmer gemacht werden, als ſie vorher waren. Und da es keinen voll-

kommenen Nichtleiter für Wärme giebt, ſo kann auch nichts jene Ausdehnung, oder jene Vertheilung von Wärme völlig verhindern; indeſſen kann ſie doch dadurch ſehr gehemmt und aufgehalten werden, daß Körper zwiſchen jene gebracht werden, welche ſchlechte Wärmeleiter ſind.

So weit iſt die Wirkung der Wärme ſehr bekannt und wird durch die tägliche Erfahrung beſtätiget. Allein bey der Mittheilung der Wärme hat auch noch eine andere Erſcheinung ſtatt, die weder ſo bekannt, noch auch ſo leicht bemerkt wird. Bey der Wärmevertheilung unter mehrere Subſtanzen nemlich, ſchlucken einige Körper mehr als andere davon ein, ob ſie gleich alle genau in einerley Lage gebracht werden. Man ſagt daher, daß verſchiedene Körper einen verſchiedenen Grad der Kapacität Wärme einzuſchlucken oder zu abſorbiren, haben. — Ein Beyſpiel wird dieſe merkwürdige Eigenſchaft hinlänglich erläutern.

Wenn ein Pfund Waſſer bis zu einem gewiſſen Grade, zum Beyſpiele, bis auf 60 Grade erhitzt und dann mit einem anderen Pfunde Waſſer, das bis zu 120 Grade erhitzt worden, zuſammengemiſcht wird, ſo werden die 60 Grad Wärme, welche das letztere Pfund mehr hat als das erſtere, zwiſchen dieſen gleichen Waſſerquantitäten gleich vertheilt, ſo nemlich, daß 30 Grad dem erſteren Pfunde mitgetheilt werden, die anderen 30 Grad aber mit dem letzteren verbunden bleiben, und die ganze Miſchung nun 90 Grad Wärme hat. — Wenn nun aber ein bis auf 60 Grad erwärmtes Pfund Waſſer mit einem bis auf 120 Grad erhitzten Pfund Queckſilber gemiſcht wird, ſo wird man finden, daß dieſe Miſchung nicht wie die vorige 90 Grad, ſondern nur 62 Grad Wärme haben wird, welches zeigt, daß von den 60 Gra-

den von Wärme, welche das Queckſilber mehr hatte als das Waſſer, von einer der beiden Flüſſigkeiten eine größere Portion als von der anderen, müſſe abſorbirt worden ſeyn. Um nun gewiß zu werden, welche von beiden Subſtanzen die größeſte Wärmequantität verſchluckt habe, darf man nur den Verſuch mit dem Unterſchiede wiederholen, daß man das Pfund Waſſer bis zu 120 Grad und das Pfund Queckſilber bis zu 60 Grad erhitzet und beydes dann vermiſcht, denn in dieſem Falle wird es ſich zeigen, daß die Miſchung 118 Grad Wärme hat, ſo daß man bey dem geringſten Nachdenken deutlich einſieht, daß das Waſſer eine viel größere Capacität Wärme zu abſorbiren, als das Queckſilber hat.

Dies ſind die Hauptgrundſätze, auf die alle Erſcheinungen in Anſehung der Wärme und Kälte können bezogen werden, und in ſo weit habe ich Thatſachen angeführt. Fragt man aber nach der Urſache dieſer Thatſachen, ſo können wir nur durch Hypotheſen auf dieſe Frage antworten.

Und verſchiedene Phyſiker haben zu verſchiedenen Zeiten mancherley Hypotheſen zur Erklärung dieſes Gegenſtandes aufgeſtellt; aber keine von allen derſelben, ſcheint ſo befriedigend als die neuere Theorie von der Wärme, welche folgende iſt:

Erſtens nimmt man an: daß es eine ſehr feine, durch alle Körper des Univerſums zerſtreute elaſtiſche Flüſſigkeit gebe, welche fähig ſey ſie alle, mit größerer oder geringerer Leichtigkeit zu durchdringen, aber nicht in einem ungebundenen oder freyen Zuſtande durch ſich ſelbſt dargeſtellt werden könne, indem ſie nichts zu beſchränken vermöge und ſie auch kein bekanntes Gewicht habe, oder nicht ponderabel ſey.

Zweytens: Verſchiedene Körper haben verſchiedene Verwandtſchaften zu dieſer Flüſſigkeit, oder können verſchiedene Quantitäten von derſelben abſorbiren, gerade ſo, wie verſchiedene Holzſtücken, verſchiedene Waſſerquantitäten einſchlucken können, und dieſe Verwandtſchaften werden durch mancherley Urſachen, zum Beyſpiele, durch Verbindung mit anderen Subſtanzen, durch komprimiren, durch expandiren u. ſ. w. verſtärkt oder vermindert. Daher bewegt ſich dieſe Flüſſigkeit, welche den Grund ihres Daſeyns in der beſtändigen Wirkung dieſer Urſachen in der Welt hat, unablässig von einer Reihe von Körpern zu einer anderen. — Ihr Uebergang, ihre Anhäufung in dem einen Körper und ihre Verminderung in dem anderen, giebt jedem Theilchen der Materie Bewegung und ſcheint das Ganze zu beleben, denn jeder Körper wird durch die Anhäufung oder Verminderung dieſer Flüſſigkeit verdünnt oder verdichtet. Daher iſt auch jeder Körper fähig durch ſeine Verbindung mit einem größeren oder kleineren Theile derſelben, in verſchiedene Zuſtände verſetzt zu werden. So iſt, zum Beyſpiele, Eis eine Verbindung von feſtem Waſſer mit einer gewiſſen Quantität dieſes Grundſtoffes; flüſſiges Waſſer iſt mit einer größeren Quantität deſſelben kombinirt und Dampf iſt eine Kombination mit einer noch viel größeren Quantität des Wärmeſtoffs.

Drittens: Dieſe angenommene feine und elaſtiſche Flüſſigkeit, hat man elementariſche Wärme oder auch ſchlechthin Wärmeſtoff genannt.

Dieſer Hypotheſe zufolge iſt nun kombinirter oder gebundener Wärmeſtoff, diejenige Quantität deſſelben, die mit anderen Körpern eine Verbindung eingeht und man behauptet von derſelben, daß ſie nach der Beſchaffenheit der Natur eines jeden einzelnen Körpers

verſchieden ſey. So iſt bey dem oben angegebenen Beyſpiele, von einer Waſſer- und Queckſilber-Miſchung gezeigt worden, daß das Waſſer mehr gebundenen Wärmeſtoff enthalte als das Queckſilber. Freyer Wärmeſtoff dargegen, iſt derjenige Theil deſſelben, der nicht mit einem gewiſſen Körper verbunden, ſondern fähig iſt von dieſem zu anderen, ihn umgebenden Körpern überzugehen und diejenige Quantität davon, welche in einen Körper übergegangen und die man nach der Wirkung, die ſie bey dieſen Körpern hervorbringt, zum Beyſpiel nach der Größe der Ausdehnung u. ſ. w. beſtimmt, wird die Temperatur dieſes Körpers genannt. Die Empfindung welche lebendige Weſen bekommen, wenn ihren Körpern Wärmeſtoff mitgetheilt wird, wird Wärme oder Erwärmung genannt, und das durch die Entfernung des Wärmeſtoffs aus ihren Körpern verurſachte Gefühl nennt man Kälte, oder Kaltwerden. Daraus erhellet alſo, daß Kälte nichts poſitives iſt, denn ſie iſt blos eine Entziehung des Wärmeſtoffs. Wenn man einen heißen Körper berührt, ſo geht der Wärmeſtoff von demſelben in die Hand oder in das Geſicht u. ſ. w. über, dehnt dieſen Theil aus und erregt in uns das Gefühl von Wärme. Berührt man einen kalten Körper, ſo geht der Wärmeſtoff von dem Berührenden zu jenem Körper über und er bekömmt die Empfindung von Kälte. Unter einem kalten oder warmen Körper verſteht man blos, daß ein Körper kälter oder wärmer ſey als unſre Körper oder ein gewiſſer anderer Körper, ſo daß wenn unſer Körper einen Körper berührt, der mit ihm einerley Grad der Temperatur hat, wir dann weder Wärme noch Kälte empfinden, weil in dieſem Falle von keinem der beyden Körper Wärmeſtoff zu dem andern übergeht.

So habe ich denn in dem Vorſtehenden eine ſummariſche Ueberſicht der Erſcheinungen gegeben, die man

gewöhnlich durch die Benennungen von Wärme und Kälte zu bezeichnen pflegt, und zugleich meine Leſer mit der Hypotheſe bekannt gemacht, die unter allen denen, die man zur Erklärung derſelben aufgeſtellt hat, die wahrſcheinlichſte iſt, und nun iſt es nothwendig die verſchiedenen Theile des Gegenſtandes ausführlicher zu unterſuchen, um die Arbeit noch nützlicher zu machen. Hiebey kömmt es hauptſächlich auf folgende Punkte an, nemlich auf die Aufſtellung der Thatſachen die man in Anſehung der Ausdehnung verſchiedener Körper, in Anſehung der Beſtimmung der Größe dieſer Ausdehnung und in Anſehung der verſchiedenen Kapacitäten von Körpern Wärmeſtoff zu abſorbiren, als gewiß erkennt hat, wie auch derjenigen Thatſachen, welche die Hervorbringung, Mittheilung und Anwendung von Wärme u. ſ. w. betreffen. — Dies will ich in den folgenden Kapiteln auszuführen verſuchen, in denen ich zugleich die theoretiſche Erklärung, der oben aufgeſtellten Hypotheſe gemäß, vortragen werde.

Zweytes Kapitel.

Von dem Thermometer und der durch die Wärme bewirkten Ausdehnung von Körpern.

Eine der allgemeinſten Wirkungen der Wärme oder des freyen Wärmeſtoffs, iſt die Ausdehnung der Körper oder die Vergrößerung ihres Volumens. Die entgegengeſetzte Wirkung wird durch Kälte, das heißt: durch eine Verminderung des freyen Wärmeſtoffs hervorgebracht.

Es muß indeß hiebey bemerkt werden, daß Körper von einem gleichen Volumen oder Umfang, aber von verſchiedener Art, ob ſie gleich in einerley Grad erwärmt werden, doch nicht gleich ſtark ausgedehnt werden, und daß auch die Vergrößerungen des Volumens des nemlichen Körpers nicht immer mit den ihm mitgetheilten Wärmequantitäten in Verhältniß ſtehen. — Wenn ein eiſerner und ein gläſerner Stab, die beide von gleicher Größe ſind, in einem gleichen Grade erwärmt werden, indem man ſie, zum Beyſpiele, in ſiedendes Waſſer ſteckt, ſo wird dadurch der eiſerne Stab ſtärker verlängert werden, als der gläſerne. — Wenn eine bis zu einem gewiſſen Grade erhitzte gegebene Quantität Waſſer, in Anſehung ihres Volumens um einen Kubikzoll vergröſſert wird, ſo vergrößert dieſe Quantität von Wärme, wenn ſie zweyfach oder dreyfach verſtärkt wird, das Volumen deſſelben nicht auch um zwey oder drey Kubikzoll; die Ausdehnungen des Waſſers ſtehen alſo nicht mit der Vermehrung der Wärme in Verhältniß. — Dies iſt auch der Fall mit den meiſten anderen Subſtanzen.

Ich komme nun zur Angabe der merkwürdigſten bewieſenen Thatſachen die Ausdehnung beſonderer Subſtanzen betreffend, und werde zuerſt von den flüſſigen und dann von den feſten ſprechen.

Es giebt nur eine Art die Expanſionen von Flüſſigkeiten zu beſtimmen, nemlich die: daß man ſie in gewiſſe Gefäße einſchließt und dann denjenigen Theil der Hohlung eines jeden Gefäßes, der von der beſonderen Flüſſigkeit, die es bey verſchiedenen Temperaturen anfüllt, eingenommen wird, miſſet. Es iſt einleuchtend, daß die Subſtanz des Gefäßes durch die Wärme auch ausgedehnt und folglich ſeine Hohlung erweitert wird. Wenn man

alſo findet, daß das Volumen der Flüſſigkeit vergrößert worden iſt, ſo iſt dieſe anſcheinende Vergrößerung blos der Unterſchied zwiſchen der erweiterten Hohlung des Gefäßes und dem vergrößerten Volumen der Flüſſigkeit. Darum müſſen Gefäße der Art von ſolchen Subſtanzen gemacht werden, die ſich am wenigſten durch die Hitze ausdehnen laſſen. Man bedient ſich daher des Glaſes allgemein zu dieſer Abſicht, theils weil es ſich nur in einem geringen Grade ausdehnen läßt, und theils weil es durchſichtig iſt und noch überdies andere merkwürdige und nützliche Eigenſchaften hat.

Ein gläſernes Gefäß, das mit einer Flüſſigkeit bis zu einem gewiſſen Grade in der Abſicht angefüllt worden, die Ausdehnungen jener Flüſſigkeit bei verſchiedenen Temperaturen, oder die Temperatur durch die entſprechende Ausdehnung der Flüſſigkeit zu zeigen, wird ein Thermometer, das heißt: ein Temperaturmeſſer oder Wärmemeſſer genannt.

Die Flüſſigkeiten die gewöhnlich zu Thermometern gebraucht werden, ſind entweder Queckſilber oder Weingeiſt, und der letztere wird gewöhnlich durch Cochenille oder Braſilienholz roth gefärbt, um ihn bemerkbarer zu machen. Die Thermometer werden daher Queckſilberthemometer und Spiritusthermometer genannt. Andre Flüſſigkeiten kann man wegen ihrer Klebrigkeit oder wegen der großen Unregelmäßigkeit mit der ſie ausgedehnt werden, nicht zu Thermometern brauchen. *)

Die

*) Man hat auch Thermometer ohne Glas und Flüßigkeit von metallenen Stäben gemacht. Dieſe zeigen die Temperatur durch den Grad der Ausdehnung der Stäbe an und werden deshalb metallene Thermometer genannt. — Es wird weiter unten von ihnen die Rede ſeyn.

Die beſte und bequemſte Geſtalt für Thermometer iſt die einer langen Röhre mit einer engen Hohlung und mit einer hohlen Kugel an dem einen Ende derſelben, wie Fig. I. Taf. XVIII. abgebildet iſt. Die Hohlung der Kugel C und ein Theil der Röhre, ſo weit, zum Beyſpiele, bis zu A, iſt mit der Flüſſigkeit angefüllt, der übrige Theil derſelben aber iſt enweder zum Theil oder ganz luftleer und das Ende der Röhre B iſt hermetiſch verſchloſſen, das heiſt, es iſt vollkommen dadurch verſchloſſen, daß das Ende der Röhre bey der Flamme eines Lichtes oder einer Lampe, die vermittelſt eines Löthrohres darauf getrieben worden, zugeſchmelzt worden iſt. *)

*) Weil die Thermometerröhren ſehr enge ſind, ſo iſt es nicht möglich ſie durch bloſes Eingießen der Flüßigkeit zu füllen. Um dies alſo zu bewerkſtelligen, muß man die Kugel C über der Flamme eines Lichtes erwärmen und unmittelbar darauf die Oeffnung B umkehren und in die Flüßigkeit, zum Beyſpiele, in das Queckſilber tauchen, wodurch die Kugel zum Theil mit Queckſilber angefüllt wird. Denn da die Flamme einen Theil der in der Röhre und Kugel des Thermometers befindlichen Luft verdünnt und folglich herausgetrieben hat, ſo treibt, wenn die Kugel darauf wieder kalt und die Luft in derſelben verdichtet wird, die auf die Oberfläche des in dem Gefäße befindlichen Queckſilbers drückende Atmosphäre, das Quekſilber in die Röhre und in die Kugel. Wenn dies geſchehen iſt, ſo wird die Kugel C von neuem über dem brennenden Lichte erwärmt, bis das darinn enthaltene Queckſilber anfängt zu kochen, da ſie denn ſogleich umgekehrt und mit der Oeffnung B in das Queckſilber geſteckt wird, wodurch denn mehr davon in die Kugel getrieben wird. Dieſe Operation muß ſo lange wiederholt werden, bis alle Luft aus der Kugel und einem Theile der Röhre entfernt worden und die Stelle derſelben Quekſilber eingenommen hat. Wenn dies geſchehen iſt, ſo muß man die Kugel gelind erwärmen, um das Queckſilber zu verdün-

Wenn die Kugel C erhitzt wird, ſo wird das Queckſilber oder der Weingeiſt ausgedehnt und da es keinen anderen Platz ſich auszubreiten hat, ſo zeigt ſich die ganze Vergrößerung des Volumens in der Röhre, indem nemlich die Oberfläche A der Flüſſigkeit beträchtlich in der Röhre ſteigt. Wenn nun dagegen die Kugel C wieder kalt wird, ſo zieht ſich die Flüſſigkeit zuſammen und ihre Oberfläche A fällt. Es iſt einleuchtend, daß wenn alles übrige gleich iſt, je größer die Kugel im Verhältniß zu dem Durchmeſſer der Hohlung der Röhre iſt, oder je enger dieſe im Verhältniß zu jener iſt, deſto größer auch die Bewegung der Oberfläche A in der Röhre ſeyn muß. Es muß aber hierbei bemerkt werden, daß, wenn die Kugel ſehr groß iſt, das Thermometer nicht leicht eine genaue Temperatur an irgend einem Platze, wo es auch aufgeſtellt werde, erlangen wird. Einige haben ſtatt der Kugel, um eine größere Oberfläche zu bekommen und folglich das Inſtrument fähig zu machen geſchwinder eine gegebene Temperatur zu bekommen, die Zylinderform dafür gewählt, wie zum Beyſpiele Fahrenheit, und dem Behälter eine flache oder glockenartige Geſtalt gegeben, allein dies iſt mit dem Nachtheil verbunden, daß ſogeſtaltete Thermometer durch die abwechſelnde Schwere der Athmosphäre verändert werden und folglich nicht genau ſeyn können.

Wenn ein Thermometer ſchnell erhitzt wird, wie dies der Fall iſt, wenn die Kugel C in heißes Waſſer geſteckt wird, ſo wird man bemerken, daß die Oberfläche A der Flüſſigkeit ein wenig fallen, unmittelbar darauf aber wieder ſteigen wird. Die Urſache davon iſt, daß die Hitze des Waſſers zuerſt das Glas erweitert oder

nen und zu machen, daß es bis nahe an die Oeffnung B ſteige, und dann muß man geſchwind die Oeffnung B vermittelſt des Blasrohres zuſchmelzen.

ausdehnt, und dann erſt der Flüſſigkeit mitgetheilt wird, u. ſ. w. Wird dagegen die Kugel eines Thermometers plötzlich erkältet, ſo wird die Oberfläche A der Flüſſigkeit erſt ein wenig ſteigen und dann fallen, weil die Kälte zuerſt das Glas allein zuſammenzieht und dann erſt die Flüſſigkeit.

Eis ſchmilzt bei einem gewiſſen unveränderlichen Grade der Temperatur und Waſſer gefriert ohngefähr bey der nemlichen Temperatur. Wenn daher die Kugel C eines Queckſilber Thermometers in ſchmelzendes Eis oder ſchmelzenden Schnee geſteckt, und an der äußeren Seite der Röhre, in gerader Linie mit der Oberfläche der Flüſſigkeit, wie bey D, ein Zeichen gemacht wird, ſo heiſt dieſes Zeichen der Gefrierpunkt, ob es gleich in der That nur der Punkt iſt, wo das Eis ſchmilzt, da der Gefrierpunkt des Waſſers nicht ſo beſtändig iſt. — Wird die Kugel des Thermometers in kochendes Waſſer geſtellt und an der Glasröhre, in gerader Linie mit der Oberfläche der darinn enthaltenen Flüſſigkeit, ein Zeichen wie bey E gemacht, ſo nennt man dieſes Zeichen den Siedpunkt, weil in einem offnen Gefäße und unter dem nämlichen atmosphäriſchen Druck, den das Barometer angiebt, Waſſer allemal bey der nemlichen Temperatur ſiedet, ſo daß zwar eine verſtärkte Hitze daſſelbe zwingt ſchneller zu verdampfen, aber die Temperatur deſſelben nicht erhöhen wird. — Wenn nun dieſe Punkte beſtimmt ſind, und man theilt die Röhre ihrer Länge nach von D bis zu E in eine beliebige Anzahl gleicher Theile, ſo ſind dieſe Theile die Grade des Thermometers, oder die Wärmegrade, die durch die Ausdehnung der in dem Thermometer enthaltenen Flüſſigkeit beſtimmt werden. Solche Grade oder gleiche Abtheilungen können auch über E und unter D noch angebracht werden, um die Temperatur gerade un-

ter dem Gefrierpunkt und über dem Siedpunkt anzuzeigen.

Dieſe beyden unveränderlichen Punkte der Temperatur, nemlich der, auf dem das Eis Waſſer und der, bey dem das Waſſer Dunſt wird, ſind von den verſchiedenen Verfertigern von Thermometern allgemein als feſte Punkte bei der Graduirung dieſer Inſtrumente angenommen worden, allein der zwiſchen ihnen befindliche Raum oder ihr Fundamentalabſtand iſt von verſchiedenen auch verſchieden eingetheilt worden und daher haben auch die verſchiedenen Thermometer oder beſſer die verſchiedenen Arten ſie zu graduiren, ihre Benennung bekommen, daher giebt es ein Reaumur'ſches, ein Fahrenheit'ſches u. ſ. w. Thermometer. Reaumur theilt den Raum zwiſchen den erwähnten beyden Punkten in 80 gleiche Theile oder Grade, indem er die 0 bey den Gefrierpunkt, den achtzigſten Grad aber bey den Siedpunkt ſetzt. — Fahrenheit theilt ihn in 180 Grade oder gleiche Theile, ſetzt aber die 0 zwey und dreyßig Grade unter den Gefrierpunkt D, ſo daß der Gefrierpunkt bei dem 32ten und der Siedpunkt E bey dem 212ten Grade iſt *).

Andere haben wieder andere Arten der Eintheilung angenommen, die ihnen größere Vortheile zu gewähren ſchienen, oder die ihren Ideen von der Sache gemäßer waren.

*) Anſtatt der Zahl immer das Wort: Grade beyzuſetzen, ſetzt man ihr zur rechten Hand und zwar ein wenig über dieſelbe eine kleine o. Zum Beiſpiele, 24° heiſt 24 Grad; 60° heiſt 60 Grade u. ſ. w.

Die meiſten dieſer Skalen ſind gegenwärtig außer Gebrauch gekommen; da man ſie aber doch in verſchiedenen älteren Abhandlungen angenommen findet, ſo habe ich es für nöthig gehalten, ſie in der folgenden Tabelle anzugeben. Dieſe enthält zuerſt den Namen des Mannes oder der Geſellſchaft, welche ſich dieſer Art der Eintheilung bedient hat; zweytens: den Grad der von ihnen neben den Gefrierpunkt geſetzt worden; drittens den Grad der neben den Siedpunkt geſetzt worden und viertens die Anzahl der zwiſchen dieſen beyden Punkten befindlichen Grade.

	Gefrier-Punkt.	Siede-Punkt.	Grade zwiſchen dieſen beyden Punkten.
Fahrenheit's Thermometer, das gewöhnlich in Großbritannien gebraucht wird und das auch in dieſem Werke immer iſt befolgt worden, wenn nicht ein anderes beſonders angegeben worden	32	212	180
Reaumür's Thermometer, das gewöhnlich in Frankreich und anderen Ländern des feſten Landes gebraucht wird.	0	80	80
Celſius Thermometer, vorzüglich in Schweden gebräuchlich, daher es auch das ſchwediſche genannt wird. Es iſt neuerlich auch von den franzöſiſchen Chemikern unter dem Namen des hundertgradigten Thermometers angenommen worden	0	100	100
Die florentiniſchen Thermometer, die von den Mitgliedern der bekannten Academia del' Cimento gemacht und gebraucht worden und mit zu den erſten Inſtrumenten dieſer Art gehören. Sie hatten keine beſtimmte Skale, indem einige mehr Grade haben als andere. Zweye von ihren gewöhnlichſten Gradabtheilungen ſcheinen geweſen zu ſeyn	20 $13\frac{1}{2}$	174 $81\frac{2}{3}$	154 $68\frac{1}{6}$

	Gefrier-Punkt.	Siede-Punkt.	Grade zwiſchen beyden Punkten.
Das pariſer Thermometer, nemlich das alte Thermometer der Academie der Wiſſenſchaften, ſcheint ohngefähr alſo abgetheilt geweſen zu ſeyn	25	239	214
De la Hire's Thermometer, welches über 60 Jahre auf der Sternwarte zu Paris geſtanden, ſcheint ſo graduirt geweſen zu ſeyn	28	$199\frac{1}{3}$	$171\frac{1}{3}$
Amontons Thermometer	$51\frac{1}{2}$	73	$21\frac{1}{2}$
Des Marcheſe Poleni's Thermometer	$47\frac{3}{10}$	$62\frac{9}{10}$	$15\frac{6}{11}$
De l' Isle's Thermometer iſt nach einer umgekehrten Ordnung graduirt	150	0	150
Crucquins's Thermometer	1070	1510	440
Das alte Thermometer der königlichen Geſellſchaft in London ſcheint die Einrichtung gehabt zu haben, daß 0 ohngefähr dem 88ſten Grade des Fahrenheit'ſchen Thermometers gleich geweſen, von welchem Punkte an, dann die Grade aufwärts und abwärts gezählt worden, nemlich	$75\frac{3}{4}$	$141\frac{3}{4}$	$215\frac{1}{2}$
Newton's Thermometer	0	34	34
Fowler's 0 ſcheint ohngefähr dem 53ſten oder 54ſten Grade von Fahrenheit's Thermometer gleich geweſen zu ſeyn, da dann die Grade auf nebenſtehende Art aufwärts und abwärts gezählt worden	34	$250\frac{1}{3}$	$284\frac{1}{3}$
Hales's Thermometer	0	163	163
Das ehemals gebräuchliche Edimburger Thermometer ſcheint auf nebenſtehende Art graduirt geweſen zu ſeyn	$8\frac{1}{5}$	47	$38\frac{4}{5}$

Man hat den Thermometern mancherley Geſtalten und Größen gegeben, je nachdem man ſie für bequem zur Erreichung der verſchiedenen Abſichten, die man dabey bezweckte, hielt.

Bey Thermometern, welche die Temperatur der Atmoſphäre anzuzeigen beſtimmt ſind, iſt es nicht nöthig, daß die Skalen ſehr verlängert werden, indem es mehr als hinreichend iſt, wenn ſie nur bis zu einer Höhe von 120° gehen. Die untern Grade können ſo weit hinab geführt werden, als man nach der Beſchaffenheit eines jeden Clima für nothwendig hält. Das Queckſilberthermometer braucht nicht tiefer als 40° unter ° zu gehen, weil das Queckſilber ohngefähr bey dieſem Grade aufhört flüſſig zu bleiben.

Das Weingeiſtthermometer kann, wenn es nöthig iſt, tiefer hinabreichende Grade bekommen. — Und hiebey bemerke ich, daß wenn ſowohl ein Queckſilberthermometer, als auch ein Weingeiſtthermometer nach der oben angegebenen Anweiſung graduirt worden, doch beyde, aus Gründen, die in der Folge ſollen angeführt werden, bey ihrer gewöhnlichen Anzeige von einerley Temperatur, nicht auf einerley Graden ſtehen.

Die Thermometergrade können auf Metall, oder Holz, oder Papier, oder Elfenbein u. ſ. w. verzeichnet werden; man ſollte aber zu Thermometerſkalen, beſonders wenn das Inſtrument nicht durch ein gläſernes Gehäuſe oder einen hölzernen mit einem Glasthürchen verſehenen Kaſten verwahrt iſt, blos ſolche Subſtanzen wählen, die durch die Witterung weder verbogen, noch verkürzt, noch auf irgend eine andere Art verändert werden können.

Die Kugel des Thermometers muß rein und ungefärbt ſeyn, weil gefärbte Oberflächen dem Nachtheile ausgeſetzt ſind, durch ein ſtarkes Licht ungleich erhitzt zu werden *). Auch darf die Kugel nicht mit der Subſtanz der Skale in Berührung kommen, weil ſonſt die Temperatur dieſer Subſtanz einen Einfluß auf ſie bekömmt.

Die Thermometer müſſen in der freyen Luft außer dem Hauſe und wenigſtens einen Fuß von der Wand deſſelben abſtehend und zwar ſo aufgehängt werden, daß die Sonnenſtrahlen nicht in gerader Richtung auf ſie fallen können. Fig. 2. Taf. XVIII. iſt ein Thermometer von der gewöhnlichſten Art, ohne Gehäuſe abgebildet.

Bey Thermometern, die zu chemiſchen Verſuchen ſollen gebraucht werden, müſſen die Kugeln und ein Theil der Röhren etwas weiter herab gehen als die Skalen, um ſie in Flüſſigkeiten, Miſchungen u. d. gl. m. ſtecken zu können.

Die Thermometer, deren man ſich bey botaniſchen Beobachtungen, in Treibhäuſern, Brauhäuſern, Bädern u. ſ. w. bedient, müſſen in Anſehung der Geſtalt dem jedesmaligen Zwecke gemäs eingerichtet ſeyn, ſie müſſen

*) Man nehme zwey gleiche Thermometer und färbe die Kugel des einen ſchwarz, oder gebe ihr eine andere dunkele Farbe und ſetze dann beyde der Sonne aus, ſo wird man finden, daß das Queckſilber in dem mit der gefärbten Kugel verſchiedene Grade höher ſteigen wird, als in dem mit der ungefärbten. Schon ein ſtarkes Tageslicht wirkt, wenn auch die Sonnenſtralen nicht in gerader Richtung darauf fallen, auf beyde verſchieden.

länger, oder kürzer, oder enger u. ſ. w, gemacht werden, auch müſſen die Skalen beſondere Verhaltungsregeln in dieſer Rückſicht enthalten u. ſ. w. Ich will jedoch den Leſer nicht länger mit Bemerkungen, die blos die ſo veränderliche Geſtalt der Thermometer betreffen, aufhalten.

Indeſſen iſt es doch nothwendig noch einer Art von Thermometern zu erwähnen, die zur Erreichung einer ganz eigenen Abſicht ſind erfunden worden, nemlich derjenigen, welche den höchſten Grad der Wärme oder Kälte anzeigen, der während der Abweſenheit des Beobachters, etwa in der Nacht, oder in den heißeſten Stunden des Tages, oder auch wohl während einer ganzen Jahreszeit eingetreten iſt.

Man hat dergleichen Thermometer von Bernoulli, Kraft, dem Lord Cavendiſh und andern gelehrten und ſinnreichen Männern, aber das Beſte dieſer Art, das jedoch ſelbſt auch nicht ganz ohne Fehler iſt und folglich auch noch der Verbeſſerung bedarf, iſt von Jacob Six erfunden worden und die Beſchreibung deſſelben ſteht in dem 72ſten Bande der Philoſophiſchen Transactionen. Es iſt bey Fig. 3. Taf. XVIII. abgebildet, „jedoch ohne Geſtelle und Skale. „a b iſt eine Röhre „von dünnem Glaſe, welche ohngefähr 16 Zoll lang iſt und $\frac{5}{10}$ eines Zolles im Durchmeſſer hat. c d e f g h „iſt eine engere Röhre, deren innerer Durchmeſſer ohngefähr $\frac{1}{40}$ beträgt; ſie iſt mit der Weiteren an dem „oberen Ende derſelben b verbunden, dann erſt auf der „linken Seite ſo abwärts gebogen, daß ſie zwey Zoll „unter a b herabreicht und läuft darauf wieder an der „rechten Seite in den verſchiedenen Richtungen c d e, „f g h, parallel und in einer Entfernung von einem „Zoll an ihr in die Höhe. Gegen das Ende dieſer Re-

„benröhre, nemlich bey h, erweitert ſich von h bis zu i, wel-
„che Entfernung zwey Zoll in der Länge hat, der innere Durch-
„meſſer derſelben um einen halben Zoll. Dieſes Glas wird
„nun bis auf einen halben Zoll von dem Ende i, mit
„höchſt rektificirtem Weingeiſt angefüllt, ausgenommen
„jedoch, den Theil der kleinen Röhre, der von d bis g
„reicht und mit Queckſilber angefüllt wird. Wenn man
„das Inſtrument in dieſem Zuſtande betrachtet, ſo ſieht
„man leicht, daß, wenn der Weingeiſt in der weiten
„Röhre, welche das iſt, was bey andern Thermome-
„tern die Kugel iſt, durch die Wärme ausgedehnt wird,
„das Queckſilber in der an der linken Seite befindlichen
„engen Röhre nieder gedrückt werden, und folglich ma-
„chen wird, daß das in der an der rechten Seite ſtei-
„gen muß; da im Gegentheile die entgegengeſetzte Wir-
„kung erfolgen wird, wenn der Weingeiſt durch die Käl-
„te verdichtet wird, nemlich das Queckſilber an der lin-
„ken Seite wird ſteigen, wenn das an der rechten Seite
„fällt. Daher werden die Grade der Skale, welches die
„Fahrenheitiſche iſt, an der linken Seite von oben nach
„unten zu nummerirt, indem ſie an der Spitze dieſer
„Seite mit o anfangen, indes die an der rechten Sei-
„te, die an dem unteren Theile mit o beginnen, auf-
„wärts gezählt werden. Die Abtheilung der Grade
„wird dadurch gehörig eingerichtet, daß man dieſes Ther-
„mometer zugleich mit einem guten Normalqueckſilberther-
„mometer in Waſſer, das man nach und nach erwärmt
„oder abkühlt, ſetzt und nach dieſem die Grade der neuen
Skale bemerkt und bey jedem fünften Grade bezeichnet,
„Daß nun dieſes Thermometer den Stand des Queckſil-
bers auch in Abweſenheit des Beobachters angeben kön-
„ne, das wird auf folgende Art bewirkt. In jedem der
„beyden Schenkel der engen Röhre des Barometers, iſt
„auf der Oberfläche des Queckſilbers, ein von dem
„Weingeiſt umgebener kleiner Zeiger angebracht, der ſo

„eingerichtet iſt, daß er, nach Erfordern der Umſtände, „auf und abgeſchoben werden kann, (und deſſen Geſtalt „ſogleich näher wird beſchrieben werden.) Diejenige „Oberfläche des Queckſilbers nun, welche ſteigt, nimmt „ihren Zeiger mit in die Höhe, der aber, vermöge ſeiner „Einrichtung, wenn es wieder fällt, nicht wieder mit „ihm zurückgeht, ſondern auf dem Grade ſtehen bleibt, „bis zu dem er war gehoben worden, und alſo deutlich „und ſehr genau anzeigt, wie hoch es geſtiegen und „welches folglich der höchſte Grad der Wärme oder Käl„te, in der Zeit der Abweſenheit des Beobachters ge„weſen."

„Bey Fig. 4. Taf. XVIII. ſind dieſe Zeiger, um „ſie deutlicher darzuſtellen, nach einem vergrößerten „Maaßſtabe abgebildet. a iſt eine kleine, $\frac{3}{4}$ Zoll lange „Glasröhre, die an beyden Enden hermetiſch verſchloſſen „iſt, und in welcher ſich ein beynahe eben ſo langes „Stück Stahldrath befindet. An jedem der beyden En„den c, d, iſt ein kurzes Stück von einer ſchwarzen „Glasröhre befeſtigt, der Durchmeſſer dieſer Stücken „muß aber nur ſo groß ſeyn, daß ſie ohne Zwang in „der engen Röhre des Thermometers auf- und abſteigen „können. Das untere Ende dieſes Zeigers wird nun „ſo auf das Queckſilber geſetzt, daß es auf der Ober„fläche deſſelben ſchwimmt. Steigt alſo dieſes, ſo hebt „es zugleich auch den Zeiger mit in die Höhe, der, weil „ſein oberes Ende mit dem unteren von gleichem Durch„meſſer iſt, mit den Seiten der Thermometerröhre pa„rallel bleibt. Von dem oberen Ende des Körpers die„ſes Zeigers ſteigt bey o eine haarfeine Glasfeder, die „ohngefähr $\frac{5}{7}$ eines Zolles lang iſt, auf, die, da ſie ein „wenig ſchief gerichtet iſt, ſanft gegen die innere Ober„fläche der Röhre drückt und ſo das Abgleiten, oder „überhaupt das Verrücken des Zeigers, wenn das Queck„ſilber fällt, oder er durch den auf- und abſteigenden

„Weingeiſt bewegt wird, oder wenn das Inſtrument „einen Stoß u. ſ. w. bekömmt, verhindert. Dieſer „Druck iſt jedoch zugleich ſo berechnet, daß er den Zei„ger nicht hindert durch die Oberfläche des ſteigenden „Queckſilbers leicht in die Höhe gehoben und auch wieder „abwärts geſchoben werden zu können, wenn das In„ſtrument zu neuen Beobachtungen ſoll eingerichtet wer„den. Um das Verdunſten des Weingeiſts zu verhüten, „wird die Röhre bey dem Ende i feſt zugeſchmolzen.

„Dieſes Inſtrument muß mit ſeinem Futterale an „der äußern Wand gut befeſtigt werden, damit es nicht „durch heftige Windſtöße kann erſchüttert werden. — „Gewöhnlich unterſuche ich mein Thermometer gegen „Abend und ſehe ſo mit einem Blicke zugleich bey dem „Zeiger an der linken Seite deſſelben, den höchſten „Grad der Kälte in der vergangenen Nacht, und bey „dem an der rechten, den höchſten Grad der Wärme „des Tages. Sobald ich dieſe Grade aufgezeichnet ha„be, bringe ich die Zeiger vermittelſt eines kleinen Mag„neten, den ich an der Seite der Röhre, an welcher ſie „anliegen, herabziehe, wieder auf die Oberfläche des „Queckſilbers und ſo kann dieſes Inſtrument, ohne daß „man nöthig hätte, das Queckſilber zu erwärmen oder „abzukühlen oder zu trennen, oder auch das Inſtrument „ſelbſt nur aus ſeiner Lage zu bringen, ja ohne daß „man es auch nur zu berühren nöthig hat, ſogleich „wieder zu einer neuen Beobachtung eingerichtet wer„den.“

Man ſollte beym erſten Anblicke denken: daß gleiche Vermehrungen der Wärme, Flüſſigkeiten auch gleichförmig, (oder der Wärme proportional,) ausdehnen müßten, ſo nemlich, daß wenn die Wärme nach und nach um einen, zwey, drey u. ſ. w. Grade erhöht würde,

auch das Volumen der dieſen Graden proportional erwärmten Flüſſigkeiten zuerſt um eine gewiſſe Quantität, dann um das Doppelte, dann um das Dreyfache dieſer Quantität u. ſ. w. müßten ausgedehnt werden; allein dies iſt nicht der Fall, und jede Flüſſigkeit ſcheint vielmehr ein beſonderes Expanſionsgeſetz zu haben.

Das Queckſilber ſcheint ſich gleichförmiger auszudehnen, als jede andere Flüſſigkeit. *) Aber die Vermeh-

meh-

*) Es iſt nothwendig zu zeigen, wie dieſe Unregelmäßigkeit kann ausgemittelt und beſtimmt werden. — Den Erſcheinungen, welche die Miſchungen von Flüſſigkeiten geben und dem Räſonnement darüber zufolge, hat man den Satz aufgeſtellt: daß wenn gleiche Quantitäten von einer und derſelben Art der Flüßigkeit, die aber verſchieden erwärmt worden, mit einander vermiſcht werden, die Temperatur der Miſchung eine mittlere proportionale zwiſchen den Temperaturen der beſonderen Quantitäten ſey. Wenn nun ein Thermometer, mit dem man die Temperatur der beyden Flüßigkeiten vor der Vermiſchung derſelben beſtimmt hat, wenn es in die Miſchung getaucht wird, auch eine arithmetiſche mittlere zwiſchen jenen beyden beſonderen Temperaturen anzeigt, ſo kann man den Schluß machen, daß ſich die Flüſſigkeit des Thermometers gleichförmig durch die Grade bey dieſer Temperatur ausdehnt und ſo kann man, indem man ähnliche Verſuche in verſchiedenen Temperaturen anſtellt, das Geſetz für die Ausdehnbarkeit dieſer Flüſſigkeit beſtimmen.

Wenn alſo, zum Beiſpiele, das Thermometer, das nach einander in zwey gleiche Waſſerquantitäten geſteckt worden, in der einen auf 40° und in der anderen auf 60° ſteigt, nachdem aber beyde vermiſcht worden, nur 50° zeigt, ſo kann man daraus ſchließen, daß die Flüſſigkeit deſſelben gleichförmig ausgedehnt worden. Zeigt es dagegen mehr oder weniger als 50°, ſo iſt die Ausdehnung derſelben nicht ſo groß, oder größer u. ſ. w.

rungen des Volumens deſſelben ſind doch den Vermehrungen der Wärme nicht ganz proportional. Bey anderen Flüſſigkeiten iſt die Unregelmäßigkeit der Ausdehnung ſehr beträchtlich.

De Luc hat mit großer Sorgfalt und Beharrlichkeit die Ausdehnbarkeit des Queckſilbers, oder beſſer, die wirklichen Wärmequantitäten, die erforderlich ſind, um das Queckſilber arithmetiſch auszudehnen, beſtimmt. Sie ſind in folgender Tabelle angegeben, deren erſte Kolumne die Grade der Reaumür'ſchen Skale von fünf zu fünf Graden, welches gleiche Theile ſind, enthält; die zweyte zeigt die wirklichen Wärmequantitäten, die erforderlich ſind, das Queckſilber bis zu den korreſpondirenden Graden ſteigen zu machen, bey denen z eine feſte aber unbekannte Quantität ausdrückt; die dritte Kolumne enthält die Unterſchiede dieſer Quantitäten, oder der wirklichen Wärme. (Man ſehe: De Luc Recherch. sur les Modific. de l'Atmosphére. 1772 S. 309.)

Queckſilber-Thermometer.		Wirkliche Wärme-Quantitäten.	Unterſchied der wirklichen Wärme, den Abwechslungen des Queckſilberthermometers von 5 zu 5 Graden entſprechend.
Siedpunkt	80°	z + 80, 00	4, 72
	75	z + 75, 28	4, 72
	70	z + 70, 56	4, 79
	65	z + 65, 77	4, 81
	60	z + 60, 96	4, 81
	55	z + 56, 15	4, 89
	50	z + 51, 26	4, 89
	45	z + 46, 37	4, 97
	40	z + 41, 40	5, 00
	35	z + 36, 40	5, 08
	30	z + 31, 32	5, 10
	25	z + 26, 22	5, 10
	20	z + 21, 12	5, 18
	15	z + 15, 94	5, 20
Punkt des	10	z + 10, 74	5, 31
zergehenden	5	z + 5, 43	5, 43
Eiſes —	0	z	

Wenn ein Kubikzoll Queckſilber, oder irgend eine andere Quantität davon, welche eine Temperatur von 32° hat, bis zu der Temperatur des kochenden Waſſers, alſo bis zu 212° erhitzt wird, ſo wird man finden, daß das Volumen derſelben um 0,01836 zugenommen hat. Dieſes flüſſige Metall kocht und verwandelt ſich in Dunſt bey 600° nach dem Fahrenheit'ſchen Thermometer und es wird zu einem feſten Körper bey — 40°, alſo 72° unter dem Punkte des zergehenden Eiſes. Unter jenem Punkte, nemlich — 40° wird es unregelmäßig zuſammengezogen.

Die dritte Kolumne zeigt, daß wenn auch die Unterſchiede der Wärme, die erforderlich iſt, um das Volumen des Queckſilbers gleichförmig und gerade fortgehend auszudehnen, nicht ganz vollkommen gleich ſind, ſie ſich doch nicht ſehr von dieſem Gleichheitsverhältniß entfernen. Bey anderen Flüſſigkeiten ſind die Unregelmäßigkeiten größer, wie ſich aus der gleich folgenden Tabelle ergeben wird, welche die Reſultate der Beobachtungen enthält, welche de Luc über die Ausdehnungen der vorzüglichſten Flüſſigkeiten, die zu dergleichen Verſuchen gebraucht werden, gemacht hat.

Zum beſſern Verſtehen dieſer Tabelle muß man wiſſen, daß verſchiedene Thermometer, deren jedes mit einer beſonderen Flüſſigkeit, die allemal oben in jeder Kolumne angegeben iſt, angefüllt und zwiſchen dem Gefrierpunkt und dem Siedpunkt in 80 gleiche Theile getheilt worden, mit ihren Kugeln in das nemliche mit Waſſer angefüllte Gefäß geſteckt werden, und daß das Waſſer allmählig erwärmt wird. Wenn dann das Queckſilberthermometer auf 5°, 10°, 15° u. ſ. w. ſteht, ſo wird man finden, daß die Flüſſigkeiten in den anderen Thermometern auf den Graden ſtehen, die mit jenen in gleicher Reihe ſtehen. Wenn zum Beyſpiele, das Queckſilberthermometer auf 40° ſteht, ſo wird das Waſſerthermometer auf 20°, 5; das Weingeiſtthermometer auf 35° und das Oelthermometer auf 39°, 2 ſtehen u. ſ. w.

Weingeiſt kocht bey ohngefähr 180° und der reinſte friert wahrſcheinlich nie. Wenn Brantewein und eine Miſchung von Waſſer und Weingeiſt friert, ſo iſt es blos das Waſſer, was in den feſten Zuſtand übergeht, der Weingeiſt aber wird ſich immer in irgend einem Theile des Eiſes, in einer oder mehreren Blaſen ſammeln.

Der große Nutzen und der ausgebreitete Einfluß, den das Waſſer in Anſehung der Arbeiten der Natur und auch der Kunſt hat, macht es nothwendig, von der Ausdehnbarkeit deſſelben und von der elaſtiſchen Kraft, die es bekömmt, wenn es erhitzt u. ſ. w. wird, noch etwas ausführlicher zu handeln.

Das Waſſer macht in Anſehung der Audehnungsfähigkeit eine ganz beſondere Abweichung von einem übri-

Queckſilber	Waſſer	Waſſer mit Salz geſättigt	Alkohol	3 Theile Alkohol und 1 Th. Waſſer	Gleiche Theile Alkohol und Waſſer	Ein Theil Alkohol u. 3. Th. Waſſer	Olivenöl
Siedpunkt 80	80, 0	80, 0	80, 0	80, 0	80, 0	80, 0	80, 0
75	71, 0	74, 1	73, 8	73, 7	73, 2	71, 6	74, 6
70	62, 0	68, 4	67, 6	67, 5	66, 7	62, 9	69, 4
65	53, 5	62, 6	61, 5	61, 5	60, 6	55, 2	64, 4
60	45, 8	57, 1	55, 5	55, 8	54, 8	47, 7	59, 3
55	38, 5	51, 7	50, 3	50, 2	49, 1	30, 6	54, 2
50	32, 0	46, 6	45, 1	44, 9	43, 6	24, 4	49, 2
45	26, 1	41, 2	40, 0	39, 7	38, 4	28, 4	44, 0
40	20, 5	36, 3	35, 0	34, 8	33, 3	13, 0	39, 2
35	15, 9	31, 3	30, 1	29, 8	28, 4	18, 0	34, 2
30	11, 2	26, 5	25, 5	25, 2	23, 9	3, 5	29, 3
25	7, 3	21, 9	20, 9	20, 7	19, 4	9, 4	24, 3
20	4, 1	17, 3	16, 5	16, 2	15, 3	6, 1	19, 3
15	1, 6	12, 8	12, 0	11, 8	11, 1	3, 4	14, 4
10	0, 2	8, 4	7, 9	7, 7	7, 1	1, 4	9, 5
5	0, 4	4, 2	3, 9	3, 8	3, 4	0, 1	4, 7
Gefrierpunkt 0	0, 0	0, 0		0, 0	0, 0	0, 0	0, 0
5		4, 1					
10		8, 0					

übrigens allgemeinen Naturgeſetz. Jede andere Subſtanz nemlich wird, ſo viel uns bekannt iſt, durch die Wärme beſtändig ausgedehnt und durch die Kälte eben ſo zuſammengezogen; das Waſſer aber wird bey einer Wärme von ohngefähr 40 Grad an, nach dem Fahrenheitiſchen Thermometer, aufwärts gerechnet, ausgedehnt, unter 40° aber wird ſein Volumen durch eine zunehmende Verminderung der Wärme oder Vermehrung der Kälte ausgedehnt, und Eis iſt in der That leichter als Waſſer, daher es auch auf dieſem ſchwimmt, indem ſich die eigenthümliche Schwere des Eiſes zu der des Waſſers beynahe wie 7 zu 8 verhält. Das Eis von Oel im Gegentheile iſt ſchwerer als flüſſiges Oel und ſinkt in dieſem unter.

Das Volumen des Waſſers vermehrt ſich von dem Zuſtande der größten Zuſammenziehung deſſelben an, der bey 40° ſtatt hat, beſtändig fort, die Zunahme oder Vergrößerung aber erfolgt nicht ſehr regelmäßig. So iſt zum Beyſpiele die Vermehrung des Volumens von 180° bis zu 212° beträchtlich größer als ſie von 40° bis zu 72° iſt. Wenn das Volumen des Waſſers bey 40° Eins genannt wird, ſo iſt das Volumen deſſelben bey 212°: 1, 04785. Ueber dieſem Grade von Wärme verwändelt ſich das Waſſer in Dampf, das heiſt: in eine elaſtiſche Flüſſigkeit und die Bildung dieſer elaſtiſchen Flüſſigkeit in dem Waſſer an den inneren Wänden des Gefäßes, bildet die Waſſerblaſen, deren Entweichung das Sieden des Waſſers macht. Ueber dieſen Grad hinaus, oder ſtärker kann das Waſſer nicht erhitzt werden, denn alle noch hinzugeſetzte Hitze verbindet ſich mit dem Waſſer und verwandelt es in Dampf, der elaſtiſch genug iſt, um den mittleren Druck der Atmosphäre zu überwältigen. — Waſſer iſt wenigſtens 2000mal dichter als Dampf. Wenn man Waſſer bey einem gewöhn-

lichen Feuer kochen läßt, ſo kann die ihm dadurch mitgetheilte Hitze nicht alles Waſſer zugleich in Dunſt verwandeln. Iſt aber die Waſſerquantität in Verhältniß zu der Wärmequantität, die ihm in einer gegebenen Zeit kann mitgetheilt werden, klein oder gering, ſo geht die Verwandlung des Waſſers in Dampf viel geſchwinder vor ſich, ja man kann es bewirken, daß ſie augenblicklich erfolgt, und in dieſem Falle verurſacht ſie eine ſehr große Ausdehnung oder eine Exploſion. Dies geſchieht unter furchtbaren Wirkungen, wenn Waſſer auf große Quantitäten von rothglühenden oder geſchmolzenen Metallen fällt, und der Graf Rumford ſchreibt mit Recht die ungeheure Kraft, mit welcher Schießpulver wirkt, der plötzlichen Verwandlung jener Waſſerquantität, die gewöhnlich oder von ſelbſt ſich in die Zuſammenſetzung des Pulvers einmiſcht, in Dampf zu. *)

Bey der Temperatur von 212 Grad kann Waſſer den mittleren Druck der Atmoſphäre vollkommen überwältigen. Ueber dieſem Grade wird der Dampf immer weiter und weiter ausgedehnt oder er wird immer mehr elaſtiſch, je größer der Grad der Waſſerhitze wird. Unter 212° aber kann das Waſſer den Druck der Atmoſphäre nur zum Theil überwältigen; daher ſieht man auch in der That von einer Waſſerquantität ſchon lange vorher, ehe ſie anfängt zu ſieden, Dampf aufſteigen.

Die zur Ueberwältigung des Drucks der Atmoſphäre bey verſchiedenen Temperaturen erforderlichen verſchiedenen Kräfte, ſind vorzüglich vermittelſt der folgenden Vor-

*) Man ſehe deſſen ſehr ſinnreiche Abhandlung und Berechnung in den philoſophiſchen Transactionen für das Jahr 1797. Art. XII.

richtung *) innerhalb gewiſſer Grenzen mit hinlänglicher Genauigkeit beſtimmt worden.

A, Fig. 5. Taf. XVIII. iſt ein Gefäß, das auf einem kleinen Ofen B ſteht. Es iſt mit drey Oeffnungen verſehen; die eine iſt bey o, in welche die gebogene und offene Glasröhre otgr gepaßt wird; die andere iſt ein Loch s, in welchem ein feſt anſchließendes Thermometer th angebracht iſt, und die dritte iſt die Röhre xx, welche mit dem Hahne b verſehen iſt. Der untere Theil der Glasröhre iſt bis mgz mit Queckſilber angefüllt. Das Gefäß A hat, wenn der Hahn verſchloſſen iſt, keine Kommunication mit der äußeren Luft; es iſt alſo einleuchtend, daß, wenn die Luft in dem Gefäße verdünnt wird, der äußere Druck der Atmosphäre das Queckſilber in dem Schenkel rg niederdrücken und folglich zwingen muß in dem Schenkel gk zu ſteigen, ſo daß nun der Unterſchied der ſenkrechten Höhe zwiſchen den Oberflächen des in den beyden Schenkeln ſtehenden Queckſilbers, den Grad der Verdünnung in dem Gefäße, oder den Unterſchied des Drucks zwiſchen der inneren und äußeren Luft anzeigt. **) Und im Gegentheile wird, wenn die Elaſticität der in dem Gefäße befindlichen Flüſſigkeit vermehrt wird, das Queckſilber in dem Schenkel gk fallen und in dem Schenkel gr ſteigen; und in dieſem Falle zeigt der Höhenunterſchied in den beyden Schenkeln die Kraft der in dem Gefäße befindlichen elaſtiſchen Flüſſigkeit an, ſo daß man alſo,

*) Dieſer Apparat iſt eine Erfindung des Chevaliers von Belancourt. Man ſehe De Prony's Architect. Hydraul. B. 1. S. 557.

**) Man ſehe hiebey nach, was im zweyten Bande über die Meſſer der Luftpumpe iſt geſagt worden.

wenn dieſer Unterſchied der ſenkrechten Höhe der wirklichen Höhe des Queckſilbers in dem Barometer gleich iſt, den Schluß machen kann, daß die Kraft der elaſtiſchen Flüſſigkeit in dem Gefäße dem Drucke der Atmosphäre gleich iſt u. ſ. w.

Wird nun in das Gefäß A etwas Waſſer gefüllet und erwärmt, ſo wird die Temperatur deſſelben durch das Thermometer th, deſſen Skale über das Gefäß herausſteht, angegeben, und die Erhöhung des Queckſilbers in dem Schenkel gr über die Oberfläche des Queckſilbers in dem Schenkel kg giebt die jener Temperatur entſprechende Kraft des Dampfes an. *)

*) Was die Reſultate der Verſuche betrift, ſo will ich nur einiger weniger in folgender Tabelle angegebener erwähnen, aus denen man die Kraft für die mittleren Grade der Wärme leicht erſehen kann. — Die erſte Kolumne enthält die Temperatur des Waſſers nach Graden der Fahrenheitiſchen Skale, und die zweyte enthält in Zollen und Linien die entſprechenden Queckſilberhöhen, die ſie trägt.

50°	0, 106	
100	1, 600	
150	6, 715	
160	8, 740	
170	11, 400	
180	14, 709	
190	18, 227	
200	22, 703	
212	29, 89	angenommen daß das Barometer auf ſeiner mittleren Höhe, nemlich 29, 89 ſtehe.

Ueber dem Siedepunkt verdoppelt beynahe jeder hinzugekommene 30ſte Wärmegrad die Elaſticität des Dampfes, ſo daß bey der Temperatur von 242° die elaſtiſche Kraft des Dampfes dem Druck von zwey Atmosphären; bey 272° von vier Atmosphären; bey 302° von acht Atmosphären u. ſ. w. gleich iſt.

So wie der Waſſerdampf, um die elaſtiſche Form anzunehmen, den Druck der Atmosphäre mehr oder weniger überwältigen muß, ſo widerſtrebt offenbar auch der Druck der Atmosphäre der Reduction des Waſſers in Dampf, oder dem Kochen deſſelben. Je nachdem alſo jener Druck verändert wird, das heiſt: je nachdem das Barometer hoch oder niedrig ſteht, erfordert auch das Waſſer, um zu ſieden, einen größeren oder geringeren Grad von Wärme. Daher ſiedet das Waſſer auf Bergen bey einer niedrigeren Temperatur als in den Ebenen *) und in verſchloſſenen Gefäßen und unter einem vermehrten Druck kann Waſſer bis zu einem viel höheren als bis zu dem 212ten Grade erhitzt werden. **)

*) Die wirklichen und genauen Grade der Wärme: bey welchen Waſſer bey verſchiedenen Barometerhöhen, nach De Lücs und Schuickburghs Beobachtung, ſiedet, zeigt, nach Fahrenheitiſchem Thermometer, folgende Tabelle.

Barometer-Höhe.	Hitze des kochenden Waſſers nach	
	de Lüc	Schuickburgh.
26,	205, 17	204, 91
26, 5	206, 07	205, 82
27,	206, 96	206, 73
27, 5	207, 84	207, 63
28,	208, 69	208, 25
28, 5	209, 55	209, 41
29,	210, 38	210, 28
29, 5	210, 20	211, 15
30,	212, 00	212, 00
30, 5	212, 79	212, 85
31,	213, 57	213, 69

**) In einem verſchloſſenen ſtarken Gefäße kann Waſſer ſelbſt rothglühend gemacht werden und in dieſem Zuſtande bekömmt es eine außerordentliche Expanſivkraft und zugleich auch eine ſo ſtark auflöſende Kraft, daß es ſelbſt Knochen auflöſen kann. Von dieſer Eigenſchaft, hat ein zu dieſem Verſuche geſchicktes Gefäß, das ſehr genau und feſt verſchloſſen werden kann, die Benennung eines Digeſtors, und von ſeinem Erfinder, Papins Digeſtor bekommen.

Die beſondere Eigenſchaft des Waſſers, daß es bey ſeinem Kälterwerden von dem 40° an abwärts, in eben dem Verhältniſſe immer leichter wird, in welchem es kälter wird, iſt ein offenbarer Beweis von der Weisheit des Schöpfers und ein für die Erhaltung des thieriſchen und vegetabiliſchen Lebens höchſt wichtiger Umſtand.

So wohl Thiere als Pflanzen müſſen zu allen Jahreszeiten eine Quantität von flüſſigem Waſſer haben. Wenn im Winter die kalte Luft macht, daß das Waſſer gefriert, ſo reicht dieſe Wirkung ſelten tiefer als zwey oder drey Fuß; tiefer hinab bleibt das Waſſer flüſſig und die Eisrinde ſelbſt trägt dazu bey, daß dieſe Flüſſigkeit erhalten wird. Ohnfehlbar verhindert die Wärme, welche die Erde während des Sommers erlangt hat, die Bildung des Eiſes über einer gewiſſen Tiefe hinaus. Würde aber mit der zunehmenden Kälte des Waſſers auch zugleich die eigenthümliche Schwere deſſelben vermehrt, und wäre Eis wirklich ſchwerer als Waſſer, ſo würde die Wärme der Erde nicht mehr hinreichend ſeyn dies gänzliche Gefrieren des Waſſers aller Seen, Meere u. ſ. w. zu verhindern. „Denn, ſagt ein vortrefflicher Schriftſteller, da die Waſſertheilchen, „wenn ſie auf der Oberfläche erkältet werden, vermöge „der Vermehrung ihrer eigenthümlichen Schwere, da ſie „einen Theil ihrer Wärme verlohren, unmittelbar zu Boden ſinken würden, ſo würde der größte Theil der während des Sommers in der Erde, auf welcher das Waſſer „ſteht, geſammelten Wärme entfernt werden und verlohren gehen, ehe das Waſſer anfangen würde zu frieren, und wäre das Eis einmal gebildet, ſo würde „ſeine Dicke mit großer Schnelligkeit zunehmen und „würde den ganzen Winter hindurch immer mehr zunehmen, und es iſt ſehr wahrſcheinlich, daß in Klimaten, „welche jetzt zu den gemäßigten gehören, das Waſſer

„in großen Seen während eines ſtrengen Winters bis „zu einer ſolchen Tiefe gefrieren würde, daß die Wär„me des darauf folgenden Sommers nicht im Stande „ſeyn würde es aufzuthauen. Und wäre dies einmal „geſchehen, ſo würde der darauf folgende Winter höchſt „wahrſcheinlich die ganze Waſſermaſſe der Erde in ei„nen feſten Eisklumpen verwandeln, der ſeine flüſſige „Form nie wieder erlangen könnte, ſondern bis an das „Ende der Zeiten unbeweglich bleiben müßte" *).

Es iſt bereits bemerkt worden, daß, obgleich Eis bey 32° ſchmilzt, doch Waſſer nicht bey 32° gefriert, ſondern, daß es noch um einige Grade kälter werden muß, ehe es die feſte Form annehmen kann. Und dies iſt auch der Fall in Anſehung des Queckſilbers, dies erträgt nemlich eine Kälte, die noch einige Grade unter — 40° iſt.

Verſchiedene Thatſachen die bey mehreren darüber angeſtellten Verſuchen beobachtet worden, haben ein ziemlich helles Licht über dieſe ſonderbare Erſcheinung verbreitet, aber wir ſind noch ſehr weit davon entfernt, die wahre Urſache davon zu kennen.

Es iſt oft verſichert worden, daß gekochtes Waſſer ſchneller gefriere, als ungekochtes und dies kann wohl in Anſehung unreinen Waſſers wahr ſeyn, denn da eine Beymiſchung von Salzen, oder Erden, oder Alkalien u. d. gl. m. macht, daß das damit geſchwängerte Waſſer nicht ſo leicht gefriert als reines Waſſer, ſo mag wohl das Kochen einen Niederſchlag oder eine Verdun-

*) Man ſehe des Grafen Rumfords ſiebenten Verſuch, in welchem dieſer Gegenſtand weitläuftig abgehandelt und aus verſchiedenen Geſichtspunkten betrachtet wird.

ſtung des Salzes, der Erde u. ſ. w. bewirken und machen, daß es, indem es dadurch in einen reineren Zuſtand verſetzt worden, leichter gefriert. Das Kochen des reinen, das heiſt, des deſtillirten Waſſers aber, welches daſſelbe blos mehr von Luft zu befreyen ſcheint, macht es zuverläßig weniger geſchickt zu gefrieren; denn man hat oft Waſſer, das auf dieſe Art von Luft befreit worden, noch verſchiedene Grade unter 32°, ja ſelbſt bis zu 14° erkältet, ehe man es zum Gefrieren bringen konnte *).

Wenn Waſſer um ſo viel Grade unter 212° erkältet worden, als es ohne zu gefrieren ertragen kann, ſo kann das Gefrieren deſſelben durch mancherley Mittel beſchleuniget werden, zum Beyſpiele: durch einen plötzlichen Schlag oder Stoß an die Seiten des Gefäßes; durch Berührung der Oberfläche des Waſſers mit einem Stück Eis; indem man ein großes Stück Metall mit der Außenſeite des Gefäßes in Berührung bringt u. d. gl. m. Dann ſchießen auf eine ſehr auffallende Art und faſt augenblicklich Kryſtallen an und das Waſſer bekömmt eine feſte Geſtalt, und iſt die Kugel eines Thermometers hineingeſteckt worden, ſo ſteigt dieſes unmittelbar auf 32°. **) Eine ähnliche Wirkung bringt das Gefrieren des Queckſilbers hervor.

Die Beymiſchung von ſalzigten und verſchiedenen anderen Subſtanzen macht, daß das Waſſer erſt auf ei-

*) Man ſehe De Lucs Ideen über die Meteorologie B. II. S. 105. In der Atmosphäre fängt jedoch das Waſſer an zu gefrieren, wenn die Temperatur der Atmosphäre ein wenig unter 32° iſt.

**) Zur weiteren Erläuterung dieſer Eigenſchaft des Waſſers ſehe man die philoſophiſchen Transactionen für 1788 Art. X., wo man auch zugleich die Hypotheſen findet, die zur Erklärung dieſer Erſcheinung ſind aufgeſtellt worden.

nem niedrigeren Punkte oder Grade gefriert. Und ob es gleich unmöglich iſt alle die unzähligen Beobachtungen, die man in Anſehung der bis ins Unendliche gehenden Combinationen des Waſſers mit anderen Subſtanzen gemacht hat, zu unterſuchen, will ich doch hier die Hauptſächlichſten, die Gefrierung des Salz- oder See- Waſſers betreffenden Erſcheinungen, weil ſie allgemeiner wichtig ſind, anführen.

Meerwaſſer, von dem man nach einem Mittel annehmen kann, daß es $\frac{1}{28}$ ſeines Gewichtes Salz enthalte, *) muß bis gegen 0° erkalten, ehe es gefrieren kann. Eine Miſchung zu künſtlicher Kälte von drey Theilen von geſtoßenem Eiſe und von zwey Theilen von gemeinem Salze, welche das Thermometer bis zu — 4° **) herabbringen wird, iſt völlig zureichend, es gefrieren zu machen.

Eine Quantität Meerwaſſer wird nie ganz zu Eis, ſondern es bleibt ein Theil davon immer flüſſig, und, was ſehr merkwürdig iſt, dieſer flüſſigbleibende Theil iſt ungleich mehr mit Salz geſchwängert und viel widerlicher oder unſchmackhafter, als der gefrorne Theil, ſo daß man, wenn man dieſen Theil von jenem abſondert und zergehen läßt, findet, daß er viel weniger Salz u. ſ. w. enthält, als vor dem Gefrieren. Wenn man dieſes Waſſer der erſten Reinigung noch einmal gefrieren läßt, wozu ein geringerer Grad der Kälte erforderlich iſt, ſo läßt es auch eine flüſſige Portion zu-

*) S. D. Watſou's chemiſche Verſuche B. 2. Verſ. 4.

**) Das negative Zeichen, nemlich ein Strich vor der Zahl der Grade, zeigt an, daß die Grade unter 0 der Skale zu verſtehen ſind.

rück, die ebenfalls mehr Salz enthält als der gefrorne Theil und von dieſem geſchieden werden kann. So kann man, indem man das Meerwaſſer wiederholt gefrieren läßt, und jedes mal den flüſſigen von dem gefrornen Theile abgießt, zuletzt ein vollkommen gereinigtes, trinkbares und zu anderen Zwecken dienliches Waſſer erhalten. Man hat gefunden, daß Meerwaſſer, welches man auf dieſe Art ſechsmal hinter einander hat gefrieren laſſen, vollkommen ſüß geworden iſt, Seife aufgelöſt und mit dem Regenwaſſer beynahe einerley eigenthümliche Schwere bekommen hat, ſo daß es ſich in Anſehung derſelben zu dieſem, wie 7801 zu 7800 verhalten.

Nach dieſen Erfahrungen erklärt ſich's ſehr gut, wie einige Seefahrer das geſchmolzene Eis vom Meerwaſſer nicht trinkbar haben finden können, indeſſen es andere ſehr ſüß und nützlich gefunden haben, wie dies von dem Kapitain Cook bei ſeiner Fahrt um den Süd-Pol wirklich geſchah.

Es iſt nun nothwendig, auch noch das nöthige über die Ausdehnbarkeit der luftförmigen Flüſſigkeiten zu ſagen. Ich werde mich jedoch in Anſehung derſelben faſt allein auf die gemeine Luft einſchränken, weil die mancherley Verſuche, die man mit permanent elaſtiſchen Flüſſigkeiten angeſtellt hat, keinesweges beweiſend ſind, da ſie blos dargethan haben, daß Waſſerſtoffgas durch die Wärme beträchtlich ſtärker als gemeine Luft ausgedehnt wird.

Das Inſtrument, durch welches der Grad der Ausdehnung der Luft beſtimmt wird, hat man Manometer, (Dichtigkeitsmeſſer,) genannt, aber es iſt in der That blos ein Luft-Thermometer, das, ob es gleich

größer iſt, doch dem gewöhnlichen Thermometer nicht unähnlich iſt, indem es nemlich aus einer fünf oder ſechs Fuß langen Röhre beſteht, die an dem einen Ende eine Kugel hat, an dem anderen aber offen iſt. Die Hohlung der Röhre beträgt im Durchmeſſer ohngefähr den zwanzigſten Theil eines Zolles. An irgend einem Theile derſelben wird eine kleine Quantität Queckſilber angebracht, da denn die in der Kugel befindliche Luft, indem ſie durch die Wärme ausgedehnt wird, das Queckſilber nöthiget ſich nach dem offenen Ende der Röhre zu bewegen. Der Wärmegrad, welchem das Manometer ausgeſetzt wird, wird vermittelſt eines Thermometers beſtimmt; die Quantität der Ausdehnung der Luft aber wird dadurch beſtimmt, daß man das Manometer gehörig einrichtet und an der Röhre Zeichen macht, welche Theile der Hohlung der Röhre anzeigen, die der Hohlung des Manometers proportional ſind, zum Beyſpiele 100ſte, 1000ſte u. ſ. w. Man ſehe hiezu: Fig. 6. Taf. XVIII.

Wenn man dem Manometer, es ſey nun daß dabei die Kugel aufwärts oder abwärs zu ſtehen kömmt, eine horizontale oder vertikale Richtung giebt, ſo kann man bewirken, daß die Luft in demſelben entweder ihre natürliche Dichtigkeit behält, oder auch daß ſie verdichtet oder verdünnt wird. Denn wenn das Manometer in horizontaler Lage bleibt, ſo drückt das Queckſilber a b, weder auf die Luft des Manometers, noch auch auf die atmosphäriſche Luft. Wird die Kugel unterwärts gerichtet, ſo drückt das Queckſilber a b gegen die Schwere der Atmosphäre und wirkt ihr in gewiſſer Maaße entgegen. Dieſer Druck ſo wohl als dieſe Verdünnung der Luft innerhalb des Manometers kann alſo bis zu jedem beliebigen Grad dadurch vermehrt werden, daß man die in der Röhre befindliche Queckſilberquantität a b vermehrt und ſo kann daher durch dieſes

Inſtrument die Ausdehnbarkeit von gemeiner, oder verdichteter oder verdünnter Luft probirt und unterſucht werden.

Der Grad der Luftausdehnung, die durch einerley Wärmegrade bewirkt wird, iſt nach dem Verhältniſſe ihrer Dichtigkeit und der Quantität von Feuchtigkeit, die ſie enthält, verſchieden, auch iſt die Vermehrung ihres Volumens den Temperaturgraden nicht proportional.

Die zahlreichen Verſuche des Generals Roy zeigen, *) daß 1000 Theile Luft, welche die Dichtigkeit der gemeinen atmosphäriſchen Luft bei 0° Wärme hat, bey 212°, 1484,21 werden, das heiſt: durch 212° Wärme 484, 21 ausgedehnt werden.

1000 Theile Luft, auf welche $2\frac{1}{2}$ Atmosphären drükken, werden durch 212° Wärme um 434 ſolcher Theile ausgedehnt.

1000 Theile Luft, auf welche nur $\frac{1}{5}$ einer Atmosphäre drücken, werden durch 212° Wärme beynahe um 484 ſolcher Theile ausgedehnt.

1000 Theile Luft, die von $\frac{1}{5}$ einer Atmosphäre gedrückt werden, werden von 180° Wärme, alſo von dem Gefrierpunkt bis zu dem Siedepunkt, ohngefähr um 141 Theile ausgedehnt.

„Nach dieſen letzten Verſuchen," ſagt General Roy, „ſcheint es, daß die Lufttheilchen durch die Verminde„rung des Druckes in dem Grade von einander entfernt

*) Philoſophiſche Transactionen B. 67. Art. 34.

„werden, daß ſie einen großen Theil ihrer elaſtiſchen „Kraft verlieren.

Die angegebenen Ausdehnungsverhältniſſe ſind aber keineswegs regelmäßig, das heiſt: ſie ſind nicht der Zahl der Wärmegrade proportional. Das Maximum von Ausdehnung hat zwiſchen 52° und 72° ſtatt und das Minimum iſt beſtändig bey dem Siedpunkt des Waſſers.

Feuchte Luft dehnt ſich viel ſtärker aus als trockne, beſonders wenn ſie dem Siedpunkte des Waſſers nahe kömmt, ſie wird nemlich zwiſchen 192° und 212° gegen acht bis neun Mal ſtärker ausgedehnt, als es trockne Luft unter ähnlichen Umſtänden wird.

Aus alle dem, was bisher in Bezug auf die Ausdehnung von Flüſſigkeiten iſt geſagt worden, ergiebt es ſich, daß wegen der großen Unregelmäßigkeit in Anſehung des Verhältniſſes der Ausdehnung, Queckſilber und Weingeiſt die beyden einzigen Flüſſigkeiten ſind, die zu Thermometern können gebraucht werden, ſo jedoch, daß man dabey nicht vergeſſen muß, daß auf der Skale des Weingeiſtthermometers etwas zugegeben werden muß, um ſie mit der Skale des Queckſilberthermometers übereinſtimmend zu machen. Das Queckſilberthermometer aber kann keine Temperatur angeben die über 600° ſteigt. Daher haben verſchiedene ſcharfſinnige Männer verſucht Inſtrumente zu erfinden, welche auch die höheren Wärmegrade anzeigen könnten, weil eine ſolche Erfindung für die Phyſik, die Chemie und die Künſte die größten Vortheile gewähren müßte. Allein die mir bekannt gewordene einzige nützliche Erfindung dieſer Art, verdankt man dem verſtorbenen Wedgwood. Dieſer ſcharfſinnige Mann benutzte zur Beſtimmung hoher Wär-

megrade eine beſondere Eigenſchaft thonigter Körper, die man bey einer jeden Art derſelben, ſo weit ſie nemlich ſind unterſucht worden, in größerer oder geringerer Maaße findet. Dieſe Eigenſchaft beſteht nemlich darinn, daß eine thonigte Subſtanz, wenn ſie dem Feuer ausgeſetzt wird, dadurch ein kleineres Volumen bekömmt oder zuſammengezogen wird, und daß das Volumen derſelben, auch dann wenn ſie erkaltet iſt, ſich nicht wieder vergrößert. Dieſe Verminderung des Volumens oder körperlichen Inhalts nun ſteht mit dem Grade der Hitze, dem die Subſtanz ausgeſetzt worden, im Verhältniß.

Es könnte ſcheinen, als ob dieſe Eigenſchaft eine Ausnahme von der allgemeinen Regel mache: daß die Wärme alle Arten von Körpern ausdehnt und daß eine Verminderung von Wärme die Dimenſionen derſelben verkleinert oder zuſammenzieht; allein man muß in unſerem Falle bedenken, daß die Thonſtücken darum zuſammen gezogen werden und auch zuſammen gezogen bleiben, weil irgend eine Subſtanz, nemlich Waſſer und einige luftförmige Flüſſigkeit, durch die Wirkung des Feuers aus ihnen geſchieden worden.

Wedgwoods Thermometer oder Vorrichtung zur Beſtimmung hoher Wärmegrade beſteht aus kleinen Thonſtücken von beſtimmter Länge, die in einen Ofen, einen Schmelztiegel u. ſ. w. gelegt werden, deſſen Wärmegrad beſtimmt werden ſoll, und aus einem Meſſer oder Maaßſtabe, um die zuſammengezogenen Thonſtücken zu meſſen, nach dem ſie dem Feuer ausgeſetzt worden.

Fig. 7. Taf. XVIII. iſt der Meſſer abgebildet, der entweder von Meſſing oder von Porzellan iſt. Fig. 8. iſt ein Durchſchnitt (Section) davon, und die Buchſta-

ben beziehen ſich auf die gleichen Theile beyder Figuren. E F H G iſt eine glatte flache Platte; A C und B D ſind zwey Lineale, oder flache, einen Viertelszoll dicke Stäbe, die auf der Platte gut befeſtiget und ſo gegen einander gerichtet ſeyn müſſen, daß ſie einen konvergirenden oder ſpitzig zulaufenden Kanal oder Nute A B C D bilden, deſſen Weite bey C D drey Fünftheile der Weite bey A B beträgt. Die ganze Länge des Kanals von A B bis zu C D iſt in 240 gleiche Theile getheilt und dieſe Abtheilungen ſind von dem weiteren Ende an nach dem engeren zu nummerirt. Wird nun ein Körper ſo eingerichtet, daß er, wenn er noch ungebrannt iſt, ganz genau in das weitere Ende des Kanales paßt, ſo iſt einleuchtend, daß er, wenn ſein Volumen durch die Einwirkung des Feuers vermindert worden, (wie dies in Anſehung der ſogleich näher zu beſchreibenden thermometriſchen Körper der Fall iſt,) dann weiter in dem Kanale müſſe fortgeſchoben werden können und zwar immer weiter, je kleiner ſein Volumen wird.

Die thermometriſchen Körper oder Stücken, beſtehen aus kleinen Thoncylindern, die an der einen Seite etwas geplattet ſind. *) Sie halten beynahe eben ſo

*) Da verſchiedene Thonarten durch gleiche Wärmegrade doch verſchieden zuſammengezogen werden, ſo bemühte ſich Wedgwood eine Art von thonigter Subſtanz ausfündig zu machen, die ſich in Anſehung des Grades der Zuſammenziehung gleich bliebe, oder ſich immer gleichförmig zuſammenzöge. Nach vielen darüber angeſtellten Verſuchen fand er, daß eine Miſchung von zwey Theilen Cornwalliſchem Porzellanthon und einem Theile Alaunerde eine Subſtanz gebe, welche die verlangte Eigenſchaft beſitzet.

Die Alaunerde bekömmt man dadurch, daß man den Alaun in Waſſer auflöſt, ihn mit einer Solution von feuerbeſtän-

viel im Durchmeſſer als ihre Länge beträgt. Wenn eins dieſer Stücken ſoll gebraucht werden, ſo muß man es vorher meſſen, indem man es bey A B zwiſchen die beyden Lineale legt, weil dieſe Stücken zuweilen um einige Grade größer oder kleiner ſind als der Raum A B zwiſchen beyden Linealen, und iſt dieſer Ueberſchuß berichtiget, ſo muß er bey dem Verſuche in Anſchlag gebracht werden. P iſt eines dieſer Stücken, das auf den Maaßſtab oder zwiſchen die Lineale gelegt worden, um gemeſſen zu werden.

Wenn dies geſchehen iſt, ſo wird es herausgenommen und in den Ofen oder Schmelztiegel gelegt,*) und wenn es auch aus dieſem, entweder nach vollendeter Operation, oder zu einer anderen beliebigen Zeit, herausgenommen worden und nach dem Erkalten deſſelben, wieder zwiſchen den Linealen gemeſſen wird, indem man es nemlich zwiſchen beyden ſo weit hinabſchiebt, als es der Umfang deſſelben erlaubt, ſo zeigt nun die, an der Stelle, wo es nicht weiter kann geſchoben werden, bemerkte Zahl der Abtheilungen, wie ſtark es zuſammengezogen worden und folglich dadurch zugleich den Grad der Hitze, dem es ausgeſetzt geweſen. Man wird finden, daß dieſe Stücken, wen ſie einer ſichtbaren Rothglüh-Hitze ausgeſetzt geweſen, zwiſchen den beyden Linealen nur ſehr wenig tiefer als o hinabgehen werden;

digem Alkali niederſchlägt und die Erde wiederholt in reichlichen Quantitäten von kochendem Waſſer wäſcht.

Die beyden Erden müſſen gut durch einander gemiſcht werden, dann giebt man dem Teige die Geſtalt eines Zylinders, vermittelſt einer Forme und zerſchneidet ihn nun in Stücken von der gehörigen Länge, ſie werden auch einem ſchwachen, blos rothglühenden Feuer ausgeſetzt, um ihnen etwas Härte zu geben.

*) In gewiſſen Fällen iſt es beſſer den thermometriſchen Körper nicht ſelbſt in das Feuer unmittelbar zu legen, ſondern ihn in einem kleinen Schmelztiegel, oder einer Kapſel aus Schmelztiegelerde demſelben auszuſetzen. Dadurch wird das Anhängen fremder Stoffe an den Körper u. ſ. w. verhütet.

daß ſie bis zu 27° gehen, wenn ſie einer Hitze, in welcher Kupfer ſchmilzt; bis zu ohngefähr 90°, wenn ſie der Hitze, in welcher Eiſen glüht und bis ohngefähr zu 160°, wenn ſie der größten Hitze, die man in einem gut gebauten gewöhnlichen Luftofen durch verkohlte Steinkohlen hervorbringen kann, ausgeſetzt werden u. ſ. w.

Ein ſchon als Maaßſtab gebrauchter thermometriſcher Körper, kann zwar wieder zur Beſtimmung höherer Wärmegrade, nie aber zur Angabe geringerer, gebraucht werden.

Es iſt nun noch übrig zu zeigen, in welchem Verhältniſſe die Skale dieſes beſchriebenen Thermometers zu der Skale des Fahrenheitſchen Queckſilberthermometers ſtehet.

Da die höchſte Temperatur, die das Queckſilberthermometer angeben kann, die von 600° iſt, und das Wedgwood'ſche Thermometer keine niedrigere Temperatur als die der Rothglühhitze, welche um verſchiedene Grade höher als 600° iſt, zeigen kann, ſo wurde es nothwendig einen Maaßſtab für die, zwiſchen jenen beyden äußerſten Punkten liegenden Grade, der einige Grade unter 600° und einige Grade über die Temperatur der Rothglühhitze reichte, zu erfinden. Wedgwood wählte dazu ein Stück Silber, deſſen Ausdehnung, die er durch einen Maaßſtab, der dem Fig. 7 abgebildeten ähnlich war, beſtimmte, die Grade der Temperatur zwiſchen den beyden Thermometern anzeigen und vergleichen könnte. Mit dieſem Inſtrumente fand er zuerſt, welche Grade der Fahrenheit'ſchen und der Wedgwood'ſchen Skale mit einander übereinſtimmen, indem er ſie wechſelsweiſe in Waſſer von einer Temperatur von 58° und

in kochendes Waſſer ſteckte; dann fand er auch, welche Grade des ſilbernen Maaßſtabes und der irdenen thermometriſchen Körper einander entſprachen, indem er beyde zu gleicher Zeit auf verſchiedene und höhere Wärmegrade brachte und endlich beſtimmte er auch durch Berechnung nach dieſen Reſultaten, welche Grade der Fahrenheit'ſchen Skale und ſeines eigenen thermometriſchen Maaßſtabes einander entſprachen *).

Auf dieſe Art fand er, daß 1° von Wedgwood's Thermometer, 130° des Fahrenheit'ſchen gleich iſt, und daß die 0 des Wedgwoodſchen Thermometers mit 1077°,5 von Fahrenheits Thermometer zuſammentrifft oder coincidirt. Nach dieſen Datis nun kann man die beyden Thermometer, oder beſſer: die angenommenen oder in Gedanken fortgeſetzten Verlängerungen ihrer beyden Skalen, vergleichen. Ich ſage: die angenommenen, oder in Gedanken fortgeſetzten Verlängerungen, weil in der That Fahrenheits Thermometer nicht über 600° angeben und Wedgwood's Thermometer nicht einmal ſo weit herabgehen kann. Auch muß man in Anſehung dieſer Vergleichung noch bemerken, daß dabey vorausgeſetzt wird, daß die Grade der Wedgwood'ſchen Skale immer gleiche Wärmevermehrung anzeigen, da man doch in der That nicht weiß, ob ſich die thermometriſchen

*) Dieſer Maaßſtab von Silber kann bey chemiſchen und anderen Proceſſen nicht zur Beſtimmung der Mittelgrade zwiſchen den Fahrenheitiſchen und Wedgwoodſchen Thermometern gebraucht werden, weil das Silber, wenn es durch die Wärme ausgedehnt worden, nicht in dieſem Zuſtande beſtändig bleibt, ſondern durch das Kaltwerden zuſammengezogen wird; es muß alſo, da es noch warm iſt, gemeſſen werden und in dieſer Abſicht muß der Maaßſtab ſelbſt wirklich eben dem Grade der Wärme ausgeſetzt werden, welches aber mit ſehr großen Unbequemlichkeiten verbunden iſt.

thonigten Körper im Verhältniſſe zu den Wärmevermehrungen zuſammenziehen oder nicht. — Es iſt alſo nicht zu läugnen, daß, obgleich dieſes Thermometer zur Beſtimmung der höhern Wärmegrade, das beſte iſt, das wir bis jetzt kennen, doch eine Verbeſſerung deſſelben, oder die Erfindung eines anderen anwendbaren genaueren Inſtrumentes dieſer Art, höchſt zu wünſchen iſt.

Aus dem bisher geſagten ergiebt ſich: daß man mit dem Weingeiſtthermometer, die Wärmegrade, es ſey nun bey natürlicher oder künſtlicher Kälte, — ſo tief hinab meſſen kann, als die jedesmalige Temperatur erfordert; daß uns das Queckſilberthermometer in den Stand ſetzt die Wärme von — 40° bis zu 600° zu meſſen; und daß man mit Wedgwoods Thermometer von der Rothglühhitze aufwärts an dieſer Skale, und zwar bis zu dem 240ſten Grad derſelben, welches 32277° der Fahrenheit'ſchen Skale gleich gerechnet wird, die Temperatur beſtimmen kann. *)

Die folgende Tabelle giebt eine Vergleichung zwiſchen Fahrenheit's und Wedgwood's Thermometer und ſtellt zugleich eine beträchtliche Anzahl beſonderer Wirkungen oder Erſcheinungen dar, die bey beſonderen Wärmegraden ſind beobachtet worden.

	Fahrenheit	Wedgwood
Endpunkt der Skale des Wedgwood'ſchen Thermometers - -	32277°	240°
Größte Hitze eines Luftofens von 8 Zoll im Durchmeſſer, die Nan-		

*) Wer Wedgwoods Thermometer noch genauer kennen zu lernen wünſcht, der ſehe in den philoſophiſchen Transactionen B. 72. Art. 19. B. 74. Art. 27. und B. 76. Art. 22 nach.

	Fahrenheit	Wedgwood
kemporzelan weder ſchmelzte noch erweichte. = =	21877°	160°
Chineſiſches Porzellan wurde weich, beſte Sorte	21357	156
Chineſiſches Porzellan wurde weich, geringere Sorte	15600	120
Gußeiſen (pigiron) ſchmelzte völlig	20200	150
Briſtoler Porzelan widerſtand =	18627	135
Gußeiſen (pigiron) fängt an zu ſchmelzen = =	17977	130
Größte Hitze einer gemeinen Schmiedeeſſe = =	17327	125
Größte Hitze eines Glasplatten Ofens = =	17197	124
Bow Porzelan verglaſt = =	16807	121
Stärkſte Hitze eines Flintglasofens	15897	114
Derbyſches Porzelan verglaſt =	15637	112
Chelſea'er Porzelan verglaſt =	14727	105
Steingut buck in = = =	14337	102
Worceſter Porzelan verglaſt = =	13297	94
Schmiedehitze des Eiſens größte	13427	95
Schmiedehitze des Eiſens geringſte	12777	90
(Milchfarbnes) ſchmutzigweiſes Steingut buck in = = =	12257	86
Flintglasofen (ſchwache Hitze) =	10177	70
Wärme zur Verfertigung von Glasplatten = = = =	8487	57
Delfter Steingut buck in =	6467	41
Feines Gold ſchmilzt = =	5237	32
Hitze zum Setzen des Flintglaſes	4847	29
Feines Silber ſchmilzt = =	4717	28
Schwediſches Kupfer ſchmilzt =	4587	27
Meſſing ſchmilzt = = = =	3807	21
Hitze zum Einbrennen der Emaillefarben = = = =	1857	6
Am Tage vollkommen ſichtbares Rothglühen = =	1077	0
Queckſilber, Leinſamenöl und andere ausgepreßte Oele ſieden =	600	
Die Oberfläche des polirten Stahls nimmt eine einförmige dunkelblaue Farbe an =	580	

	Fahrenheit.
Terpentinöl kocht ⸗ ⸗	560°
Schwefelſäure kocht ⸗ ⸗	546
Bley ſchmilzt ⸗ ⸗	540
Die Oberfläche des polirten Stahles nimmt eine blaſſe Strohfarbe an *); es iſt dies auch der beſte Grad der Hitze, zu welchen gehärtete Federmeſſerklingen und andere Inſtrumente mit feinen Schärfen, um die gehörige Härte zu bekommen, müſſen gebracht werden; auch ſchmilzt bey ihm Wismuth und auch eine Miſchung von vier Theilen Bley und einem Theil Zinn	460
Zinn ſchmilzt **) ⸗ ⸗	408
Wärmegrad bis zu welchem gehärtete Barbiermeſſer, um eine gute Härte zu bekommen, müſſen gebracht werden ⸗ ⸗ ⸗	430
Eine Miſchung von drey Theilen Zinn und zwey Theilen Bley; wie auch eine Miſchung von zwey Theilen Zinn und einem Theil Wismuth ſchmilzt	334
Eine Kompoſition von gleichen Theilen von Zinn und Wismuth ſchmilzt ⸗ ⸗	283
Salpeterſäure kocht ***) ⸗	242
Eine geſättigte Salzſolution kocht ****)	218

*) Die zwiſchen 460° und 580° befindlichen Wärmegrade bringen auf dem Stahl nach und nach die Schattirungen von blaſſem Strohgelb bis zu Dunkelblau hervor.

**) „Ich habe einſtmals ſagt Cavendish in den philoſo„phiſchen Transactionen B. 73. S. 313.) ein Thermometer „ſo lang in geſchmolzenes Zinn und Bley gehalten, bis „dieſe Maſſen feſt wurden; das Thermometer blieb von der „Zeit an, da das Metall an den Seiten des Gefäßes an„fieng hart zu werden, bis es ganz feſt wurde, unveränderlich „auf einem Punkte ſtehen, aber ich konnte nicht bemerken, „daß es überhaupt unter dieſen Punkt geſunken, oder daß es „geſtiegen wäre, als das Metall anfieng hart zu werden.“

***) Was den Gefrierpunkt dieſer Säure betrift, darüber ſehe man die philoſophiſchen Transactionen B. 67. Art. 3.

****) Noch vor dem 212ten Wärmegrad wird etwas Luft ausgetrieben.

	Fahrenheit.
Waſſer kocht, (das Barometer auf 30 Zoll ſtehend;) auch ſchmilzt eine Kompoſition von fünf Theilen Wismuth, drey Theilen Zinn und zwey Theilen Bley ; ; ;	212
Eine Kompoſition von drey Theilen Zinn, fünf Theilen Bley und acht Theilen Wismuth ſchmilzt noch (rather) unter ; ;	210
Alkohol ſiedet ; ;	174
Das Serum des Bluts fångt an zu gerinnen; ſo wie auch das Eyweiß ; ;	156
Wachs ſchmilzt ; ;	142
Fieberhitze von 107° bis zu ;	112
Zur Ausbrütung von Hühnereiern erforderliche Wärme ; ; ;	108
Die gewöhnlichſte Wärme für ein angenehmes Bad	106
Wärme des inneren Bades zu Edinburg	100
Thieriſche oder Blutwärme von 96° bis zu	32
Waſſer gefriert, oder beſſer: Eis fångt an zu ſchmelzen	00
Milch gefriert	30
Eſſig gefriert bey ohngefehr	28
Menſchenblut gefriert	25
Starke Weine gefrieren bey ohngefehr	20
Eine Miſchung von einem Theil Alkohol und drey Theilen Waſſer gefriert	7
Eine Miſchung von gleichen Theilen Waſſer und Alkohol gefriert	7
Eine Miſchung von zwey Theilen Alkohol und einem Theile Waſſer gefriert	11
Queckſilber gefriert *)	39

*) Wenn das Queckſilber die feſte Geſtalt annimmt, ſo wird das Volumen oder der körperliche Inhalt deſſelben unregelmäßig zuſammengezogen. Ueberhaupt ſcheint es ohngefähr um $\frac{1}{23}$ ſeines Volumens zuſammengezogen zu werden, allein es iſt nicht möglich zu beſtimmen, um wie viel es durch eine größere Kälte kann zuſammengezogen werden. Das Queckſilber kann noch einige Grade unter ſeinem Gefrierpunkt zuſammengezogen werden, ehe es die feſte Geſtalt annimmt;

Feſte Körper werden durch die Wärme viel weniger ausgedehnt als flüſſige, und es ſcheint in der That ein Naturgeſetz zu ſeyn, daß überhaupt weniger dichte Körper mehr als dichtere ausgedehnt werden. Indeſſen giebt es doch, und beſonders unter den feſten Körpern, verſchiedene Ausnahmen von dieſem Geſetze. So läßt ſich zum Beyſpiele, Waſſerſtoffgas ſtärker ausdehnen als gemeine Luft; gemeine Luft ſtärker als Weingeiſt; dieſer ſtärker als Waſſer; Waſſer ſtärker als Queckſilber und Queckſilber ſtärker als Eiſen. Allein Eiſen läßt ſich nicht ſo ſtark ausdehnen als Zinn, obgleich Zinn ſpezifiſch leichter iſt als Eiſen.

Die Inſtrumente, deren man ſich zur Beſtimmung der Ausdehnungen feſter Körper bedient, hat man Pyrometer, das heißt: Feuermeſſer, genannt, und man hat dergleichen unter vielerley Geſtalten. Das Ganze beſteht aus einer Maſchine welche im Stande iſt, auch kleine Grade der Ausdehnung feſter Körper, dem Beobachter bemerklich zu machen und aus einer Vorrichtung, durch welche man den zu unterſuchenden Körpern einen beſtimmten Grad von Wärme geben kann. Die gewöhnlichſte und auch in der That beſte Art die Körper zu

ſobald es aber anfängt hart zu werden, ſteigt das Thermometer auf ſeinen Gefrierpunkt, der an Hutchins Thermometer, nach den mit groſſer Genauigkeit in der Hudſonsbay von ihm angeſtellten Verſuchen, — 40 iſt. „Da es ſich aber, „(bemerkt Cavendiſh in den philoſophiſchen Transactio„nen B. 73. S. 321), nach ſeiner Rückkehr bey der Unter„ſuchung dieſes Thermometers ergab, daß — 40 an demſel„ben mit — 38⅔ an einem nach der von dem Ausſchuß der „königlichen Societät empfohlnen Art eingerichteten Thermo„meter, übereinſtimmend ſeyen, ſo folgt daraus, daß alle „Verſuche einſtimmig beweiſen, daß der wahre Punkt, bey „welchem das Queckſilber gefriert — 38⅔, oder in ganzen „Zahlen 39° unter Null iſt."

erwärmen iſt die: daß man ſie in Waſſer legt, in welchem ein Thermometer angebracht iſt und dann das Waſſer durch Lampen erwärmt. — Die kleinen Ausdehnungen der erwärmten feſten Körper hat man ſichtbar gemacht erſtlich: durch mehrere angebrachte Räder, oder durch Hebel, oder feine Schrauben, welche machen daß eine, dem einen Ende des Mechanismus mitgetheilte ſchwache Bewegung an dem anderen Ende deſſelben eine größere Bewegung hervorbringt; und zweytens: durch Mikroſcope, welche die kleine Ausdehnung vergrößern. Dieſe letztere Art ſcheint auch in der That im Ganzen bey weitem die brauchbarſte und ſicherſte zu ſeyn; denn Räder und Zapfen und ſelbſt Hebel oder Schrauben bringen immer eine einigermaßen unſichere oder ungleiche Bewegung hervor, die von dem lockeren Zuſammenhang von Zähnen und Zapfen, oder von dem Drucke (Stress) und dem Biegen anderer Theile entſteht. *)

Wenn das Queckſilber feſt wird, ſchießt es zuweilen in Kryſtallen oder Nadelähnlichen langen Faden an. Gefrornes Queckſilber hat eine große Dehnbarkeit, aber es ſcheint ſich nicht vollkommen hämmern zu laſſen. Man ſehe die philoſophiſchen Transactionen B. 73. Th. 2.

*) Muſchenbroek ſcheint der Erfinder des Pyrometers geweſen zu ſeyn. Man ſehe die Beſchreibung ſeines Pyrometers und der von Deſagulier dabey angebrachten Verbeſſerungen und gemachten Veränderungen in Deſagulier's Experimental-Phyſik B. 1. S. 421. (Man findet auch eine Beſchreibung deſſelben in Gehlers phyſikaliſchem Wörterbuche im dritten Bande unter dem Artikel Pyrometer, S. 556.)

Ellicot erfand eine andere Art des Mechanismus, der in den philoſophiſchen Transactionen N. 443, (und auch in dem Gehlerſchen Wörterbuche, unter dem angegebenen Artikel,) beſchrieben iſt. Mit dieſem Pyrometer beſtimmte er die verhältnißmäßigen Ausdehnungen von ſieben metalliſchen Subſtanzen, die durch einerley Erhöhung der Temperatur waren hervorgebracht worden; ſie ſind folgende:

In Anſehung der Genauigkeit iſt unſtreitig das beſte Inſtrument dieſer Art, das von Ramsden erfundene Pyrometer, von deſſen Einrichtung ich nun eine kurze Beſchreibung geben will, indem ich den Leſer, der eine vollſtändigere Beſchreibung deſſelben zu haben wünſcht, auf die in den philoſophiſchen Transactionen enthaltene, verweiſe.

Der Metallſtab, deſſen Ausdehnung gemeſſen werden ſoll und der gerade fünf Fuß lang ſeyn mag, wird in eine kupferne Wanne gelegt, die ein wenig länger iſt als fünf Fuß. Dieſe Wanne wird über zwölf mit Spiritus angefüllte Lampen geſetzt, deren Flammen Hitze genug geben, um das in der Wanne befindliche Waſſer völlig bis zum Siedpunkt und folglich auch den in daſſelbe gelegten Stab zu erhitzen.

In einiger Entfernung von der kupfernen Wanne, aber parallel mit ihr, werden zwey andere hölzerne,

Gold.	Silber.	Meſſing.	Kupfer.	Eiſen.	Stahl.	Bley.
73.	103.	95.	89.	60.	56.	149.

Ein ſehr einfaches Pyrometer, das aber geſchickter iſt die Ausdehnung von Metallen in Vorleſungen zu zeigen, als genaue Meſſungen damit zu machen, beſchreibt Ferguſon, in dem Supplemente zu ſeinen Vorleſungen.

Smeaton erfand ein Pyrometer, das vor allen bis dahin erfundenen den Vorzug verdient, und mit welchem er die Ausdehnbarkeit mehrerer Subſtanzen bis zu einem hohen Grade der Genauigkeit beſtimmte. Man ſehe den 48ſten Band der philoſophiſchen Transactionen Num. 79. (Auch das angeführte Wörterbuch.) DeLuc's Pyrometer iſt im 68ſten Bande der philoſophiſchen Transactionen (und in Gehlers Wörterbuche) beſchrieben. Alle dieſe Erfindungen aber ſtehen dem Pyrometer nach, das der verſtorbene Ramsden erfunden hat und von welchem man eine genaue und vollſtändige Beſchreibung von dem General Roy Band 75. der philoſophiſchen Transactionen findet.

ebenfalls mit Waſſer angefüllte Wannen geſtellt. Jede derſelben enthält einen prismatiſchen Stab von gegoſſenem (cast) Eiſen. An den beyden Enden des einen dieſer Stäbe ſind in horizontaler Richtung und ſenkrecht auf die Stäbe zwey Microſcope befeſtigt. Das eine dieſer Microſcope iſt mit einem Micrometer oder einer Vorrichtung, das vergrößerte Bild eines Gegenſtandes zu meſſen, verſehen. Das andere Microſcop hat ein bloſes Zeichen. Da es aber unzweckmäßig ſeyn würde, vor der Beſchreibung der Microſcope überhaupt, hier mehr ins Einzelne zu gehen, will ich blos bemerken, daß die Theile der Microſcope, ſo wie auch die zur Beſtimmung des Grades der Ausdehnung angebrachten Theilungsſtriche oder Zeichen, an den Enden der gegoſſenen (cast) eiſernen Stäbe ſowohl, als auch an den Enden des zu unterſuchenden Stabes ſo von einander getrennt und vertheilt ſind, daß, wenn einer dieſer Stäbe verlängert oder verkürzt wird, dieſe Veränderung deutlich durch die Microſcope bemerkt und vermittelſt des Micrometers gemeſſen werden kann. Man ſieht daher leicht ein, daß dann, wenn die Temperatur der gegoſſenen prismatiſchen eiſernen Stäbe unverändert erhalten wird, indeß die Temperatur des Stabes, der unterſucht werden ſoll, erhöht wird, die Längenvermehrung, welche das Micrometer angiebt, dieſem Stabe allein zukömmt. — Auf dieſe Art wurden die Ausdehnungen von ſieben Subſtanzen gemeſſen und beſtimmt. *)

Die folgende Tabelle zeigt in Theilen eines Zolles, wie ſehr ein Fuß Länge von verſchiedenen Subſtanzen durch eine Wärme von 180° zwiſchen dem Gefrierpunkt und dem Siedpunkte des Waſſers ausgedehnt wird.

*) Die Tabelle dieſer Ausdehnungen findet man S. 480 des 75ſten Bandes der philoſophiſchen Transactionen.

Den ſieben erſten Subſtanzen, (die mit Ramsden's Pyrometer, welches bey weitem das genaueſte iſt, ſind unterſucht worden,) habe ich auch die Ausdehnungen für einen einzigen Wärmegrad beygeſetzt. Die übrigen ſind von Smeaton mit ſeinem Pyrometer beſtimmt worden.

	Fahrenheits Skale	
	durch 1°	durch 180°
Normal-Meſſingſcale, von Hamburgiſchem Meſſing	0,0001237	0,0222646
Engliſches Plattenmeſſing, in Form eines Stabes	0,0001262	0,0227136
Dergleichen in Form eines Troges (through)	0,0001263	0,0227386
Ein Stahlſtab	0,0000763	0,0137368
Gegoſſenes eiſernes Priſma	0,0000740	0,0133126
Eine Glasröhre *)	0,0000517	0,0093138
Ein maſſiver Glasſtab *)	0,0000539	0,0096944

Eine weiße gläſerne Barometerröhre *)	0,0100
Eiſenhaltiger Spiesglanzkönig	0,0130
Spröder (blistered) Stahl	0,0138
Gehärteter Stahl	0,0147
Eiſen	0,0151
Wismuth	0,0167
Gehämmertes Kupfer	0,0204
Acht Theile Kupfer und ein Theil Zinn	0,0218
Gußmeſſing	0,0225
Sechzehn Theile Meſſing und ein Theil Zinn	0,0229
Meſſingdraht	0,0232
Spiegelmetall	0,0232

*) Bisweilen werden Glasröhren ſtärker ausgedehnt als maſſive Glasſtäbe; indeſſen iſt ihre Vergrößerung nicht immer überein, denn wenn die Röhren verſchiedene Durchmeſſer haben, oder nicht von einerley Art des Glaſes gemacht ſind, ſo werden ſie durch gleiche Wärmegrade doch verſchieden ausgedehnt. S. die philoſophiſchen Transactionen B. 67. S. 665.

Zinkloth beſtehend aus 2 Theilen Meſſing und einem Theil Zink =	0,0247
Feines Zinn = =	0,0274
Zinn = =	0,0298
Weiches Loth, beſtehend aus 2 Theilen Bley und einem Theile Zinn	0,0301
Acht Theile Zink mit einem Theile Zinn, ein wenig gehämmert =	0,0323
Bley = = =	0,0344
Zink = = =	0,0353
Zink = = =	0,0373

Holz wird in die Länge, oder in der Richtung ſeiner Fibern, nicht ſtark durch die Wärme ausgedehnt; beſonders gilt dies vom Tannenholz und anderem Holze, deſſen Adern gerade laufen. Es iſt wahrſcheinlich, daß ſich Holz überhaupt ſtärker in die Länge ausdehnt als Glas. Man hat beobachtet, daß ſich gut getrocknetes und zeitiges Holz, wenn es nicht einer ſehr hohen oder ſehr niedrigen Temperatur ausgeſetzt wird, in die Länge ziemlich regelmäßig ausdehnt, da ſonſt die Ausdehnung deſſelben durch die Wärme und ſeine Zuſammenziehung durch die Kälte ſehr unregelmäßig iſt, und theils von der Wärme, theils von der Feuchtigkeit, die dem Holze unter gewiſſen Umſtänden mitgetheilt und unter anderen wieder entzogen werden, abhängt. *)

Die durch Wärme und Kälte bewirkte Ausdehnung und Zuſammenziehung aller Subſtanzen und die beſtändige Veränderung der Temperatur, welcher die ganze Oberfläche der Erde und alles was auf derſelben befindlich iſt, unterworfen iſt, macht daß jedes Theilchen der Materie, jede Fiber unſers Körpers, Metalle, Backſteine, Steine, Flüſſigkeiten u. ſ. w. in einer beſtändi-

*) Man ſehe D. Ritenhouſe's Verſuche in den Transactionen der amerikaniſchen phyſikaliſchen Geſellſchaft.

gen Bewegung ſind, ob gleich dieſe Bewegung uns ſehr klein vorkommen mag, daher wird Wärme die allgemeine bewegende Urſache genannt und ſie ſcheint wirklich das Ganze zu beleben.

Die Kenntniß von der verſchiedenen Art der Ausdehnbarkeit der Körper gewährt in Anſehung der Mechanik mehrere bedeutende Vortheile. So würden zum Beyſpiele, ſelbſt gut eingerichtete Uhren einer beträchtlichen Unvollkommenheit unterworfen ſeyn, wenn nicht der Umſtand, daß es in Anſehung der Ausdehnbarkeit Grade giebt, uns in den Stand ſetzte, ihr abzuhelfen. — Den Mechanismus von Pendeluhren, Taſchenuhren u. ſ. w. zu beſchreiben, das liegt außer den Grenzen dieſes Werkes, indeſſen will ich doch hier den Vortheil kurz angeben, den jene Kenntniß für die Uhrmacherkunſt haben kann.

Es iſt einleuchtend, daß wenn das Pendel einer Uhr länger wird, auch die Schwingungszeit verlängert wird und folglich die Uhr langſamer geht. Das Gegentheil muß alſo erfolgen, wenn das Pendel kürzer wird. Um nun dieſem, dem richtigen Gange der Uhren ſo nachtheiligen Fehler abzuhelfen, haben verſchiedene ſinnreiche Künſtler, wie Graham, Harriſon, Ellicot, Berthoud, Cumming, Mudge u. a. m. eine Menge Erfindungen gemacht, die ſich alle auf die Eigenſchaft der Ausdehnbarkeit der Körper gründen. Die folgenden zwey oder drey Beyſpiele von der einfachſten Art der Einrichtung eines dergleichen Mechanismus werden hinreichen die Anwendung deſſelben deutlich zu zeigen.

Es iſt ausgemacht, daß ſich zu einem Pendel einer Uhr ein Stab von Holz beſſer ſchickt als ein gewöhnli-

cher Metallſtab, da ſich der erſtere viel weniger oder ſchwächer ausdehnt, als der letztere. Auch iſt ein gläſerner Stab, oder eine gläſerne Röhre einem metallenen vorzuziehen. Da ſich aber auch eine Glasröhre noch ausdehnt, ſo muß man den übeln Folgen dieſer Ausdehnbarkeit dadurch abhelfen, daß man die Röhre zum Theil mit Queckſilber anfüllt. Man nehme, zum Beyſpiele an, daß A B Fig. 9. Taf. XVIII eine ſolche bey A aufgehängte und von B bis zu C mit Queckſilber angefüllte Röhre und daß deren Mittelpunkt der Schwingung D ſey, ſo iſt es einleuchtend, daß, wenn die Röhre durch die Wärme ausgedehnt wird, die Entfernung des Punktes D von A vermehrt wird und daß, zum Beyſpiele, D zu d kömmt; da aber die nemliche Wärme, welche die Röhre ausdehnt, auch das Queckſilber verdünnt und die Oberfläche deſſelben von C bis zu c ausdehnt, ſo wird zu Folge dieſer Erhöhung der Mittelpunkt der Schwingung des Queckſilbers, der urſprünglich bey E war, nun bis zu e erhöht und der Schwingungspunkt ſowohl der Röhre als des Queckſilbers bleibt folglich an der nemlichen Stelle, da der Schwingungspunkt des einen Körpers um eben ſo viel iſt erhöht worden, als der des anderen weiter niederwärts gedrückt worden.

Eben ſo kann man der obenerwähnten Unbequemlichkeit dadurch abhelfen, daß man Stäbe von verſchiedenen Metallen mit einander verbindet, welche Verbindung ein zuſammengeſetztes Pendel genannt wird. Die folgende Art dieſer Verbindung iſt die einfachſte, obgleich nicht die beſte und bequemſte. Fig. 10 Taf. XVIII. ſtellt ein Pendel dar, das aus zwey Stäben von verſchiedenen Metallen, A B und A C beſteht, von welchen A C ſich durch Wärme am ſtärkſten ausdehnen läßt. C D iſt ein bey B und C an den Enden der Stäbe angehefte-

ter Hebel und die Stäbe tragen ein Gewicht oder eine Linſe E. Würden nun beyde Stäbe durch Wärme gleich ſtark ausgedehnt, ſo iſt es einleuchtend, daß die Entfernung des Gewichts E von dem Aufhängepunkt A vergrößert werden würde; da aber A C ſtärker ausgedehnt wird als A B, ſo kömmt, wenn das Ende B zu b kömmt, das Ende C tiefer hinab, nemlich zu c, und der Hebel C D bekömmt alſo die Lage c b D, ſo daß das Ende D auf der nemlichen Stelle bleibt, an der es vorher war, und die Entfernung E A bleibt folglich unverändert. — In Fällen dieſer Art müſſen die Längen der Stäbe, Hebel oder, wenn Glasröhren gebraucht werden, die Queckſilberquantitäten nach den Quantitäten der Ausdehnungen, der Pendellängen u ſ. w. berechnet und beſtimmt werden.

Noch andere Erfindungen, aber immer auf den nemlichen Grundſatz von der verſchiedenen Ausdehnbarkeit gegründet, ſind bey den beſten Uhren oder Zeitmeſſern angebracht worden.

Drittes Kapitel.

Von der Capacität der Körper für den Wärmeſtoff und von ihrem ſpezifiſchen Wärmeſtoff.

Wärme, oder, um den Ausdruck der Theorie zu brauchen, der Wärmeſtoff kann nicht an einer beſonderen Stelle oder in einem beſonderen Körper aufgehäuft und eingeſchloſſen werden, ſondern er ſtrebt unaufhörlich ſich über anliegende Körper ſo lange zu verbreiten,

bis ſie einerley Temperatur bekommen haben. Wenn, zum Beyſpiele, ein Stück rothglühendes Eiſen unter andere Körper als Steine, Metalle u. ſ. w., die ſich in einem kälteren Zuſtande befinden, gelegt wird, ſo wird dieſen Körpern die Wärme von dem Eiſen mitgetheilt und zwar zuerſt demjenigen, der ihm am nächſten liegt und dann auch dem anderen, weiter von ihm entfernten, ſo daß das Eiſen nach und nach einen Theil ſeiner Wärme verliert und die anderen Körper ſie bekommen, bis ſie alle einerley Temperatur erlangt haben, denn obgleich der Wärmeſtoff durch gewiſſe Körper leichter geht, als durch andere, ſo giebt es doch keinen Körper, der ihn wirklich einſchließen könnte.

Wenn von gleichartigen Körpern, zum Beyſpiele von Stücken von einer und eben derſelben Subſtanz, einigen eine höhere Temperatur gegeben wird, oder wenn ſie ungleich erwärmt und dann in Berührung gebracht werden, ſo ſteht die Wärmeſtoffquantität, die einem jeden dieſer Körper mitgetheilt oder von einem jeden derſelben abſorbirt wird mit der Maſſenquantität eines jeden dieſer reſpektiven Körper in Verhältnis, und wenn ſie im Gegentheile in eine niedrigere Temperatur gebracht werden, ſo ſind die Wärmeſtoffquantitäten, die ſie verlieren, ihren reſpektiven Maſſenquantitäten proportional. Wenn, zum Beyſpiele, zwey Bleykugeln von gleicher Schwere in kochendes Waſſer gelegt werden, ſo werden beyde in einem gleichem Grade erwärmt, oder es werden ihnen gleiche Wärmeſtoffquantitäten mitgetheilt werden. Werden ſie in kaltes Waſſer gelegt, ſo werden ihnen gleiche Wärmeſtoffquantitäten entzogen werden. Wenn ein Pfund Waſſer mit einem anderen Pfunde Waſſer, das aber heißer als jenes iſt, vermiſcht wird, ſo wird der Ueberſchuß von Wärme der einen Quantität in zwey Theile, das heißt: gleich unter die zwey Pfund Waſſer vertheilt werden. Werden zwey

Pfund

Pfund Waſſers mit einem Pfunde wärmeren Waſſers vermiſcht, ſo wird der Ueberſchuß von Wärme in drey Theile getheilt, das heißt: er wird gleich unter die drey Pfund Waſſer vertheilt werden. Von dieſer Erfahrung kann man nun eine bequeme Regel zur Beſtimmung der Temperatur einer Vermiſchung ungleichartiger Körper, die vor der Miſchung verſchiedene aber bekannte Temperaturen hatten, ableiten, welche folgende iſt:

Man multiplicire das Gewicht eines jeden Theiles oder Körpers mit der ihm eigenen Temperatur; addire dann die Produkte und dividire die Summe dieſer Produkte durch die Summe der Gewichte, ſo iſt der Quotient die Temperatur der Miſchung.

Wenn, zum Beyſpiele, drey Pfund Waſſer deſſen Temperatur 40° iſt, mit neun Pfund Waſſer deſſen Temperatur 100° iſt vermiſcht werden, ſo wird die Temperatur der Miſchung 85° ſeyn, den drey mit 40° multiplicirt giebt 120° und neun mit 100° multiplicirt giebt 900° und die Summe dieſer beyden Produkte iſt 1020°, welche, wenn ſie durch die Summe der Pfunde, nemlich mit 12 dividirt wird, 85° giebt, welches dann die Temperatur der Miſchung iſt *).

*) Wenn man Verſuche der Art machen will, muß man verſchiedene Punkte beachten, von welchen die folgenden die wichtigſten ſind.

1) Die Thermometer müſſen kleine Kapſeln oder Kugeln haben und ſo empfindlich ſeyn, daß ſie wenigſtens Viertheile von jedem Grade angeben; die Quantitäten der Körper, welche unterſucht werden ſollen, müſſen ziemlich groß ſeyn, weil ſonſt durch das Eintauchen des Thermometers in die Miſchung, eine dritte Subſtanz hineingebracht wird, nemlich das Queck-

Ferner: wenn zwey Pfund Queckſilber von 40° mit vier Pfund von 60° und dann noch mit vier Pfund von 50° vermiſcht werden, ſo wird die Temperatur der Miſchung 52° ſeyn, (alſo: $\frac{2 \cdot 40° + 4 \cdot 60° + 4 \cdot 50°}{2 + 4 + 4}$).

Der Grund dieſer Regel iſt ſehr einleuchtend, denn da ſich Wärme oder Wärmeſtoff unter gleichartigen Körpern, die ſich berühren, gleichförmig ausdehnt, ſo folgt daraus, daß die Temperatur der Miſchung ein Mittel aus den einzelnen Temperaturen der Körpertheile ſeyn muß, und durch dieſe Regel bekömmt man dieſes Mittel, in dem die Summe aller der Wärmegrade durch die Summe der Gewichte aller der Körpertheile dividirt wird. *).

ſilber des Thermometers, welches das Reſultat beträchtlich verändert. Die Reſultate aber können berechnet werden, wenn man das Gefäß und das Thermometer, als zwey von den Körpern, die bey der Bereitung der Miſchung Einfluß haben, in Anſchlag bringt.

2) Die Wärme der Miſchung iſt ſelten in allen Theilen derſelben gleichförmig; man muß daher die Temperatur von dem Boden, von dem mittleren und von dem oberen Theile derſelben nehmen, weil ein Mittel von dieſen dreyen die Temperatur der ganzen Miſchung giebt.

3) Da die Miſchung allmählig von ihrer Wärme verliert und da es nicht leicht möglich iſt, das Thermometer unmittelbar nach der Bereitung derſelben hinein zu bringen, ſo muß man, um die erſte Temperatur derſelben zu beſtimmen, ihre Temperatur zu beſtimmten Zeiten nehmen, etwa nach 15 Sekunden und dann wieder nach 30 Sekunden und dann ſagen: wie ſich die zweyte Temperatur zu der erſten verhält, ſo verhält ſich die erſte zu der wahren Temperatur, welche die Miſchung in dem Augenblicke ihrer Zubereitung hatte.

*) Man ſehe S. 231 des 2ten Bandes.

Wenn Körper von verſchiedener Art der Materie oder des Stoffs in eine höhere Temperatur gebracht werden, oder, mit anderen Worten, wenn Wärme Körpern von verſchiedener Art oder Natur, die aber alle gleich ſchwer und ihr auch gleichförmig ausgeſetzt ſind, mitgetheilt wird, ſo abſorbiren, wie man gefunden hat, einige davon eine größere Quantität Wärmeſtoff, oder kombiniren ſich mit einer größeren Quantität als andere, und daher ſagt man, daß jene eine größere Capacität für die Wärme haben, als die letzteren, und dieſe verhältnißmäßige Quantität von Wärmeſtoff, welche jeder Körper abſorbirt, wird die ſpecifiſche Wärme dieſes Körpers genannt. *) Man hat gefunden, daß jeder Körper eine beſondere Kapacität für die Wärme hat. Wenn, zum Beyſpiele, ein Pfund Queckſilber und ein Pfund von einem anderen Metalle, in eine höhere Temperatur gebracht worden, und man findet dann, daß das andere Metall zweymal ſo viel Wärmeſtoff einſchluckt als das Queckſilber, ſo verhält ſich die ſpezifiſche Wärme dieſes anderen Metalls zu der ſpezifiſchen Wärme des Queckſilbers wie zwey zu eins.

Dieſe verhältnißmäßige Quantität von Wärmeſtoff, welche ein Körper mehr als ein anderer abſorbirt, hat man auch fixirten, latenten, gebundenen Wärmeſtoff genannt, allein dieſe Benennung iſt offenbar unſchicklich, denn ob gleich ein Körper A, zum Beyſpiele, zweymal ſo viel Wärmeſtoff hat als ein anderer Körper B von gleichem Gewichte, ſo hat doch A eine doppelte Capacität für Wärme, oder ſeine Verwand-

*) Denn wenn zum Beyſpiele, ein Körper A dreymal ſo viel Wärmeſtoff abſorbiren kann als B, ſo iſt es einleuchtend, daß im natürlichen Zuſtande, A dreymal ſo viel Wärmeſtoff enthält als B, wenn beyde einerley Temperatur haben.

ſchaft zu dem Wärmeſtoff iſt noch einmal ſo ſtark, als die Verwandſchaft von B zu demſelben iſt, wovon die Folge iſt, daß der Wärmeſtoff mit gleicher Kraft zurück gehalten wird. Auch kann er von A nicht an B mitgetheilt werden; in dieſem Falle würde er blos als Wärme wirken, das heißt: er würde B ausdehnen, oder wenn B ein lebendiges Weſen wäre, würde er in ihm die Empfindung von Wärme hervorbringen.

Es iſt nun nothwendig zu zeigen, auf welche Art der ſpecifiſche Wärmeſtoff von Körpern beſtimmt werden kann. Zu dem Ende:

„Nehme man zwey Körper von gleichen Gewichten „und deren Capacitäten permanend ſind, zum Beyſpiele, A und B, von welchen wenigſtens der eine ein flüſſiger „iſt, laſſe ſie verſchiedene Temperaturen annehmen und „beſtimme dieſe Temperaturen durch das Thermometer. „Dann lege man den feſten Körper in den flüſſigen, „oder vermiſche, wenn beyde flüſſig ſind, beyde ſchnell „miteinander, und bringe unmittelbar darauf das Thermometer in die Miſchung und beſtimme ſo die Temperatur derſelben. Nun verhält ſich der ſpezifiſche Wärmeſtoff des Körpers A zu dem ſpezifiſchen Wärmeſtoff „des Körpers B, wie ſich die Differenz zwiſchen der „Temperatur, die der Körper B vor der Miſchung hatte, „und der Temperatur der Miſchung zu der Differenz „zwiſchen der Temperatur, die A vor der Miſchung hatte und der Temperatur der Miſchung verhält. (Hiebey „muß man die in der Anmerkung S. 65 gegebenen Vorſichtsregeln beobachten.) zum Beyſpiele:

Temperatur von A	=	110°	
			30° die Differenz
Temperatur der Miſchung	=	80	
			40° die Differenz.
Temperatur von B	=	40°	

Der ſpezifiſche Wärmeſtoff von A verhält ſich alſo zu dem ſpezifiſchen Wärmeſtoff von B, wie ſich 40 zu 30, oder wie ſich 4 zu 3 verhält.

Wenn die nemlichen beyden Körper verſchieden erwärmt werden, ſo wird das Reſultat genau das nemliche Verhältnis der Differenzen und folglich das nemliche Verhältniß von ſpezifiſchem Wärmeſtoff geben. Zum Beyſpiele:

Temperatur von A	40°	
		30° die Differenz
Temperatur der Miſchung	70°	
		40° die Differenz
Temperatur von B	110°	

Es iſt einleuchtend, daß wenn die beyden Körper gleiche Verwandſchaftsgrade *) oder gleiche Capacitäten für die Wärme *) gehabt hätten, die Temperatur der Miſchung 75° würde geweſen ſeyn, alſo ein arithmetiſches Mittel, zwiſchen den Temperaturen von A und B, ſo daß nach dem erſten Beyſpiele, A 35° von Wärme würde verlohren und B 35° davon würde bekommen haben. Da aber die Temperatur der Miſchung 80° war, ſo ſieht man leicht, daß die 70 Wärmegrade die A mehr hatte als B ſo haben vertheilt werden müſſen, daß die Temperatur von B durch 40° erhöht und die Temperatur von A durch 30° vermindert worden. Wenn nun einem Körper eine Quantität Wärme mitgetheilt wird, ſo erhöht der Theil derſelben, der von ihm abſorbirt wird, nicht etwa die Temperatur deſſelben, oder er iſt derjenige Theil, der, wenn er zu der Erhöhung der Tempe-

*) Beyde Ausdrücke bezeichnen blos die unbekannte Urſache einer und derſelben erkennbaren Wirkung.

ratur hinzu gethan wird, der urſprünglichen Wärme-quantität gleich wird. Zum Beyſpiele, wenn einem Körper 10° Wärme mitgetheilt und ſeine Temperatur dadurch um 4° erhöht worden iſt, ſo iſt es klar, daß ſechs Grad Wärme ſind abſorbirt worden u. ſ. w. es muß alſo in oben angegebenem Falle, der von B abſorbirte Theil von Wärmeſtoff 30° betragen haben, da ſeine Temperatur um 40° Grad war erhöht worden, und die von A zurückbehaltene Quantität muß 40° betragen haben, da ſeine Temperatur um 30° erniedriget worden.

Die nemliche Art zu ſchließen läßt ſich, mutatis mutandis, auch auf den zweyten Fall und überhaupt auf alle dieſem gleiche Fälle anwenden.

Auf dieſe Art iſt der ſpezifiſche Wärmeſtoff mehrerer Subſtanzen ſo genau beſtimmt worden, als es die mit dergleichen Verſuchen, beſonders wenn ſie elaſtiſche Flüſſigkeiten betreffen, verbundenen Schwierigkeiten und die ſchwankende Beſchaffenheit der Subſtanzen geſtatten.

Bey dem folgenden Verzeichniſſe iſt der ſpezifiſche Wärmeſtoff des Waſſers als Eins oder Einheit angenommen, und der einer jeden der anderen Subſtanzen im Verhältniß zu dieſer Einheit ausgedrückt worden. Zum Beyſpiele: der ſpezifiſche Wärmeſtoff des Spermaceti-Oels iſt 0, 500, das heißt: die Hälfte von dem des Waſſers, da $\frac{5}{10}$ die Hälfte einer Einheit oder eines Ganzen ſind, und man will damit ſagen: daß eine Quantität Spermaceti-Oel die Hälfte von einer Quantität Wärmeſtoff abſorbiren kann, welche von einer gleichen Quantität Waſſer unter ähnlichen Umſtänden kann abſorbirt werden. Eben ſo iſt der ſpezifiſche Wärmeſtoff des Eiſenroſtes 0, 250 das heißt: ein Viertheil von dem des Waſſers, welches ausdrücken ſoll: daß unter gleichen

Umſtänden der Eiſenroſt $\frac{1}{4}$ von der Quantität abſorbirt die von einem gleichen Gewicht Waſſer abſorbirt wird, und ſo verhält ſich's auch in Anſehung der übrigen Subſtanzen der Tabelle. *)

Tabelle über den ſpecifiſchen Wärmeſtoff verſchiedener Körper.	Specifiſcher Wärmeſtoff.
Waſſerſtoffgas, C	21,400
Sauerſtoff-Luft C	4,749
Sauerſtoff-Luft K	87,000
Atmoſphäriſche Luft, C	1,790
Atmoſphäriſche Luft, K	18,670
Kohlenſaures Ammoniak, oder mildes flüchtiges Alkali, K	1,851
Waſſerdunſt *), C	1,550
Braunzucker-Solution, K	1,086
Kohlenſtoff-Säure, C	1,045
Kohlenſtoff-Säure, K	0,270

*) Dieſe Tabelle iſt nach den Reſultaten der Verſuche der vorzüglichſten Arbeiter auf dieſem Felde der Unterſuchung zuſammengetragen worden Jedem Artikel iſt der Anfangsbuchſtabe des Namens desjenigen, von dem er beſtimmt worden, beygeſetzt. So ſteht C ſtatt Crawford, K ſtatt Kirwan und L ſtatt Lavoiſier und Laplace zuſammengenommen.

**) Pictet nimmt an, daß der ſpezifiſche Wärmeſtoff vom Waſſer, wenn es in dem Zuſtande des Dunſtes iſt, $8\frac{1}{2}$ größer ſey, als der Wärmeſtoff des nemlichen Waſſers im Zuſtande des Kochens. Nach ihm iſt das Volumen des Dunſtes aber ohngefähr 1800mal größer als das des kochenden Waſſers. Es iſt alſo in einem gegebenen Volumen kochenden Waſſers 212mal mehr Wärmeſtoff, als in einem gleichen Volumen Dunſt. (Man ſehe das phyſikaliſche Magazin, B. 6. S. 244.) Andere haben die Quantität deſſelben viel höher und andere wieder geringer gerechnet; mit einem Worte: der ſpezifiſche Wärmeſtoff des Dunſtes iſt noch nicht mit Gewißheit bekannt.

	Specifiſch. Wärmeſtoff
Blut aus den Arterien, C	1,030
Waſſer	1,000
Friſche Kuhmilch, C	0,999
Schwefelammoniak, deſſen ſpezifiſche Schwere 2, 818 iſt, K	0,994
Eis oder gefrornes Waſſer, K	0,900
Blut aus den Venen, C	0,893
Eine Solution von Epſomſalz, oder ſchwefelſaurer Talkerde, Salz 1, Waſſer 2, K	0,844
Eine Solution von gemeinem Salz oder ſalzſaurem Mineralalkali, Salz 1, Waſſer 8, K	0,832
Eine Solution von Ammoniakſalz, oder ſalzſaurem Ammoniak, Salz 10, Waſſer 15, K	0,798
Stickgas, C	0,794
Ochſenhaut ſammt dem Haare, C	0,787
Schaaflungen, C	0,769
Weinſteinraam⸗Solution, Raam 10, Waſſer 2373, K	0,765
Kaliſolution, deren ſpezifiſche Schwere, 1, 346, K	0,759
Schwefelſäure { deren ſpezifiſche Schwere 1, 885, K	0,758
Schwefelſäure	0,429
Schwefelſäure { braune, deren ſpezifiſche Schwere 1, 872, K	0,429
Mageres Ochſenfleiſch, C	0,740
Eine Solution von grünem Vitriol oder Schwefelſaurem Eiſen, Salz 10, Waſſer 25, K	0,734
Eine Solution von Glauberſalz oder ſchwefelſaurem Mineralalkali, Salz 10, Waſſer 29, K	0,728
Olivenoel, K	0,710
Ammoniak, oder ätzendes flüchtiges Alkali, K	0,708
Salpeterſäure { L	0,661
Salpeterſäure { K	0,844
Salpeterſäure { rothe und rauchende, deren ſpezifiſche Schwere 1,355, K	0,576
Rauchende Salzſäure, ſpezifiſche Schwere 1,122, K	0,680
Alaunſolution, Salz 100, Waſſer 445, K	0,649
Salpeterſolution, Salz 1, Waſſer 8, K	0,646

	Spezifiſch. Wärmeſtoff
Alkohol, C	0,602
Alkohol, von der ſpezifiſchen Schwere von 0,783, K	1,086
Leinöl, K	0,528
Reis, C	0,506
Pferdebohnen, C	0,502
Spermacetiöl, C	0,500
Spermacetiöl, K	0,399
Terpentinöl, K	0,472
Weineſſig, K, ſtarker	0,387
Weineſſig, K, deſtillirter	0,103
Eiſenroſt C	0,250
Eiſenroſt K	0,320
Steinkohle, C	0,278
Holzkohle, C	0,263
Kreide (chalk.) C	0,256
Gewaſchnes ſchweißtreibendes Antimonium C	0,227
Gewaſchnes ſchweißtreibendes Antimonium K	0,220
Ungelöſchter Kalk C	0,223
Ungelöſchter Kalk K	0,217
Kupferoxyd	0,227
Gebrannte Erde, K	0,195
Kryſtall, L	0,193
Ausgeglühte Kohle (cinders) C	0,192
Aſche von ausgeglühter Kohle, C	0,185
Flintglas, K	0,174
Eiſenroſt, beynahe luftleer, C	0,167
Gewaſchnes ſchweißtreibendes Antimonium, beynahe luftleer, C	0,167
Aſche des Ulmenbaums, C	0,140
Zinnoxyd, beynahe luftleer, C	0,137
Eiſen, C	0,127
Eiſen, K	0,125
Eiſen, L	0,101
Meſſing, C	0,112
Kupfer, C	0,111
Oxyd einer Miſchung von Bley und Zinn K	0,102
Weißes Zinn-Oxyd, beynahe luftleer, C	0,099
Zink, C	0,094
Holzkohlen-Aſche, C	0,091

		Specifiſch. Wärmeſtoff
Zinn,	C = =	0,070
	K = =	0,068
Gelbes Bleyoxyd, faſt luftleer, C		0,068
Antimonium, im metalliſchen oder reguliniſchen Zuſtande	C = =	0,064
	K = =	0,086
Bley	C = =	0,035
	K = = =	0,050
Queckſilber	L = =	0,029
	deſſen ſpezifiſche Schwere 13,3,	
	K = =	0,033

Die Capacitäten der Körper für den Wärmeſtoff ſind, ſo lang die Körper in Anſehung der Conſiſtenz in einerley Zuſtand bleiben, ziemlich permanent.

Man hat gefunden, daß faſt alle Naturkörper in drey verſchiedenen Zuſtänden exiſtiren können, nemlich in dem feſten, in dem flüſſigen und in dem luftförmigen, dampfartigen oder elaſtiſchen Zuſtande der Flüſſigkeit und die Capacität des Körpers für den Wärmeſtoff oder deſſen ſpecifiſcher Wärmeſtoff iſt in einem jeden dieſer Zuſtände verſchieden von der Capacität, die er in den anderen Zuſtänden dafür hat. Sie iſt am ſchwächſten in dem feſten Zuſtande, und am ſtärkſten, wenn er ſich in dem Zuſtande einer elaſtiſchen Flüſſigkeit befindet.

Wenn einem feſten Körper mehr Wärmeſtoff mitgetheilt wird, als ſeiner Capacität dafür angemeſſen iſt, und dieſer Ueberſchuß von Wärmeſtoff der Capacität dieſes Körpers für denſelben, wenn er flüſſig wäre, gleich iſt, ſo wird er durch denſelben geſchmolzen. Und eben dies iſt der Fall, wenn eine Flüſſigkeit in den luftförmigen Zuſtand übergeht.

Aber auch das Gegentheil dieſes Satzes kann erfolgen, nemlich wenn einer Flüſſigkeit ſo viel Wärmeſtoff entzogen wird, daß ihr nur gerade die Quantität davon übrig bleibt, die ihre Capacität dafür halten kann, wenn ſie ſich in dem Zuſtande eines feſten Körpers befindet, dann wird eine ſolche Flüſſigkeit feſt oder ſie gefriert. Das folgende Beyſpiel wird dieſe Theorie erläutern.

Wenn ein Stück Eis, deſſen Temperatur niedriger als 32° iſt, in eine höhere Temperatur gebracht wird, ſo wird die Temperatur deſſelben bis zu 32° erhöht und dabey bleibt es, denn aller Wärmeüberſchuß wird von der Eisquantität abſorbirt, die in flüſſiges Waſſer verwandelt wird. — Wird eine Quantität Waſſer in eine höhere Temperatur gebracht, ſo wird die Temperatur deſſelben allmählig bis zu 212° erhöht, (verſteht ſich unter dem gewöhnlicheren Druck der Atmosphäre,) aber ſie kann nicht noch weiter erhöht werden, weil aller Wärmeüberſchuß von der Waſſerquantität, die in Dampf verwandelt wird, abſorbirt wird. Wird dargegen Dunſt in Waſſer verwandelt, ſo wird Wärmeſtoff von ihm geſchieden und wird Waſſer in Eis verwandelt, ſo wird ebenfalls Wärmeſtoff von ihm abgeſondert. *)

*) Wenn eine Quantität Waſſer, in welches man ein Thermometer geſetzt hat, in eine kalte oder gefrierende Miſchung geſtellt wird, ſo bleibt es oft dann flüßig, wenn das Thermometer zeigt, daß die Temperatur deſſelben 30°, oder 28°, oder auch ſelbſt noch niedriger iſt. Endlich gefriert es ſehr ſchnell, beſonders wenn man dem Gefäße einen ſchwachen Stoß giebt oder es in Bewegung bringt, und zugleich ſteigt das Thermometer unmittelbar auf 32°, welches anzuzeigen ſcheint, daß das Waſſer, ſelbſt wenn es in eine niedrigere Temperatur gebracht wird, ſeinen Wärmeſtoff nicht leicht von ſich laſſen kann. Die Urſache davon iſt nicht bekannt.

Man hat gefunden, daß wenn Waſſer von einer Temperatur von 172° mit einem gleichen Gewicht Waſſer, deſſen Temperatur 32° iſt, vermiſcht wird, die Temperatur der Miſchung, zufolge deſſen, was oben iſt geſagt worden, von 102° iſt. Wird aber eine Quantität Waſſer bey 172° mit einem gleichen Gewicht Eis oder Schnee bey 32° vermiſcht, ſo iſt die Temperatur der Miſchung 32°. Woraus denn ganz richtig gefolgert wird, daß Waſſer in dem flüſſigen Zuſtande 140° (nemlich 172° weniger 32°) mehr Wärmeſtoff enthalte, als wenn es ſich in dem Eiszuſtande befindet. *)

Auf allen Fall iſt es ausgemacht, daß eine gewiſſe Quantität Wärmeſtoff ſchlechterdings nothwendig iſt, um einen Körper in dem Zuſtande des Dunſtes oder einer elaſtiſchen Flüſſigkeit zu erhalten, daß eine geringere Quantität ſchlechterdings nothwendig iſt, um ihn in einem flüſſigen Zuſtande zu erhalten und daß in einem feſten Körper, er befinde ſich nun in welcher Temperatur er wolle, — daß ſie bis zu einem gewiſſen Grenzpunkte erniedrigt ſeyn müſſe, verſteht ſich von ſelbſt, — eine noch geringere Quantität von Wärmeſtoff enthalten ſey. Jener Grenzpunkt oder der Punkt der gänzlichen Beraubung des Wärmeſtoffs, iſt durch Berechnung von den vorerwähnten Reſultaten und einer wahrſcheinlichen Vorausſetzung abgeleitet worden.

*) Dem Umſtande, daß dieſer Verſuch ſo ſchwer zu machen und daß beſonders die erſte Temperatur der Miſchung ſo ſchwer zu beſtimmen iſt, iſt es ohnſtreitig zuzuſchreiben, daß die Schriftſteller in Anſehung der Angabe der Quantität oder der Grade des Wärmeſtoffs ſo ſehr von einander abweichen. Doctor Crawford nimmt ſie zu 172° an. Doctor Leſſie ſagt, daß ſie Doctor Black 147° gleichgefunden habe. Lavoiſier rechnet ſie 167°. Profeſſer Wilke fand ſie 130° gleich und Bergmann faſt eben ſo, nemlich 129°, 6. In einigen Schriften finde ich 162°, in anderen wieder 140° dafür angegeben.

Ehe ich den Verſuch machen kann, die Beſchaffenheit dieſer Grenze zu erklären, wird es nothwendig ſeyn, erſt noch einige nützliche Bemerkungen, die Einrichtung der vorſtehenden Tabelle über den ſpezifiſchen Wärmeſtoff von Körpern vorangehen zu laſſen.

Die S. 67. zur Beſtimmung des ſpezifiſchen Wärmeſtoffs von Körpern angegebene Regel ſchreibt vor, ſolche Körper zu miſchen, deren Capacitäten während der Operation permanent ſind. Der Grund davon iſt, weil, wenn die Capacitäten von Körpern durch eine Veränderung der Geſtalt verändert werden, die Temperatur der Miſchung nach jener unbekannten Veränderung der Capacität verſchieden ſeyn muß u. ſ. w. Das Verhältniß zwiſchen dem ſpezifiſchen Wärmeſtoff von Waſſer und Eis kann alſo nicht dadurch beſtimmt werden, daß gleiche Quantitäten von Waſſer und geſtoßenem Eiſe oder Schnee zuſammengemiſcht werden, wohl aber kann es dadurch beſtimmt werden, daß man eine dritte Subſtanz anwendet und zuerſt das Verhältniß zwiſchen dem ſpezifiſchen Wärmeſtoff dieſer Subſtanz und Eis bey einer Temperatur, welche niedriger als 32° iſt, beſtimmt und den ſpezifiſchen Wärmeſtoff der anderen Subſtanz als eins annimmt. Zweytens, daß man das Verhältniß zwiſchen dem ſpezifiſchen Wärmeſtoff jener anderen Subſtanz und des Waſſers in einer Temperatur, welche höher als 32° iſt, beſtimmt und dabey wieder den ſpezifiſchen Wärmeſtoff der anderen Subſtanz als eins annimmt, und endlich dadurch, daß man den ſpezifiſchen Wärmeſtoff des Waſſers mit dem des Eiſes vergleichet. *)

*) Zum Beyſpiele:
Ein Pfund Eis bey — — 32°
2 Unterſchied.
Temperatur der Miſchung — 30°
8 Unterſchied
Schweißtreibendes Antimonium 1 Pf. bey 22°.

Wenn bey Verſuchen der Art eine flüſſige Subſtanz mit einer feſten kann gebraucht werden, ſo iſt es beſſer als wenn man zwey feſte Körper dazu anwendet; indeſſen geben doch in gewiſſen Fällen Pulver oder zerſtoßene feſte Körper, ein ziemlich brauchbares Reſultat.

Mit luftförmigen Flüſſigkeiten ſind dergleichen Verſuche außerordentlich ſchwierig, welches hauptſächlich dem geringen Gewichte derſelben und der Schwierigkeit, ſie mit hinlänglicher Geſchwindigkeit zu miſchen, zu zuſchreiben iſt. Auch erfordert die Operation beſondere Inſtrumente *.)

Die gänzliche Entziehung des Wärmeſtoffs, oder der niedrigſte Grad bis zu welchem ein Thermometer mit einer Fahrenheit'ſchen Skale fallen würde, wenn es an einem Orte aufgeſtellt würde, der alles Wärmeſtoffs beraubt wäre, iſt nach dem oben angegebenen Verhältnis zwiſchen dem ſpezifiſchen Wärmeſtoff von Waſſer und dem von Eis und nach der bekannten Quantität

Dieſe erſte Operation zeigt, daß ſich der ſpezifiſche Wärmeſtoff des Eiſes zu dem des ſchweißtreibenden Antimoniums, wie 8 zu 2, oder wie 4 zu 1 verhält.

Eben ſo ein Pfund Waſſer bey 162°, 5
22, 5 Unterſchied.
Temperatur der Miſchung 140°
100 Unterſchied.
Ein Pf. ſchweißtreibendes Antimonium bey 40°

Dieſe zweyte Operation zeigt, daß ſich der ſpezifiſche Wärmeſtoff des ſchweißtreibenden Antimoniums zu dem des Waſſers wie 22, 5 zu 100, oder wie 1 zu 4, 4444 u. ſ. w. verhält. Der ſpezifiſche Wärmeſtoff des Waſſers verhält ſich alſo zu dem des Eiſes wie 4, 444 u. ſ. w. zu 4, oder wie 10 zu 9.

*) Man ſehe Crawford's Verſuche und Beobachtungen über die thieriſche Wärme. Zweyte Ausgabe.

von Wärmeſtoff die Waſſer bey 32° mehr als Eis bey 32° enthält, beſtimmt worden. Und eben das kann in Anſehung des ſpezifiſchen Wärmeſtoffs einer jeden anderen Subſtanz in ihren beyden Zuſtänden der Exiſtenz geſchehen u. ſ. w.

Denn, da die Quantität Wärmeſtoff, welche Waſſer mehr als Eis enthält, 140° iſt und da ſich die Capacität des Waſſers zu der des Eiſes wie 10 zu 9 verhält, ſo folgt: daß 140° die Differenz zwiſchen dem ſämmtlichen in dem Eiſe und in dem Waſſer enthaltenen Wärmeſtoff iſt, wenn beyde Körper eine Temperatur von 32° haben, und auch: daß dieſe Quantität ein Zehntheil des ſämmtlichen, in dem Waſſer enthaltenen Wärmeſtoffs iſt, wenn dieſe Flüſſigkeit eine Temperatur von 32° hat. Die ganze Wärmeſtoffquantität iſt alſo zehnmal 140° oder 1400°, *) nemlich 1368° unter 0 der Fahrenheit'ſchen Skale, ſo daß an einem Orte, der gar keinen Wärmeſtoff enthielte, das Thermometer auf — 1368° fallen würde, wenn nemlich die Flüſſigkeit dieſes Inſtruments ſo weit fallen könnte *).

*) Man laſſe x die ganze in dem Waſſer enthaltene Wärmeſtoffquantität vorſtellen, ſo hat man 10 : 9 :: x : 0, 9 x. Durch Diviſion 10 — 9 (1) : 9 :: x — 0, 9 x (0, 1 x) : 0, 9 x :: 140 : 0, 9 x. Daher: 9. 140 = 1. 0, 9 x; und $x = \frac{1260}{0,9}$ 1400.

*) Wenn die Wärmeſtoffquantität, welche Waſſer bey 32° mehr als Eis bey 32° enthält, nicht als 140°, ſondern nach Bergmann als 129°, 6 angenommen würde, denn würde der niedrigſte Grad des Thermometers, oder die gänzliche Entziehung des Wärmeſtoffs, das Thermometer bis auf (1296° — 32°) — 1264 fallen machen. In Anſehung anderer Beſtimmungen muß eine gehörige Veränderung gemacht werden. Man ſehe die Anmerkung S. 76.

Dieſe Beſtimmung gründet ſich auf die Vorausſezzung: daß die Capacität des Eiſes, bey jeder Art der Temperatur die unter 32° iſt, permanent ſey.

Lavoiſier und Laplace haben eine andere Methode zur Beſtimmung des ſpezifiſchen Wärmeſtoffs der Körper erfunden. Nach derſelben wird ein bis zu einem gewiſſen Grade erwärmter Körper, neben eine Quantität Eis gelegt und der ſpezifiſche Wärmeſtoff nach der Quantität von Eis berechnet, die er zu ſchmelzen im Stande iſt. Wenn alſo, zum Beyſpiele, zwey gleich ſchwere, und gleich erwärmte Körper, A und B nach einander in eine gewiſſe Quantität Eis gelegt werden und man findet daß A noch drey mal ſo viel davon zerſchmelzt hat als B, ſo wird ſich der ſpezifiſche Wärmeſtoff von A zu dem von B verhalten, wie ſich 3 zu 1 verhält.

Die erwähnten Gelehrten erfanden zu dem Ende einen Apparat, den ſie Wärmemeſſer nannten und von dem Fig. II. Taf. XVIII einen Durchſchnitt darſtellt. Er beſteht aus einem auf drey Füßen, von denen man auf der Abbildung zweye ſieht, ſtehenden Gefäße, das drey Fächer, oder drey Abtheilungen hat, nemlich eine innere ffff, von Eiſendrath gemacht; eine mittlere bbbb und eine äußere aaaa. In die innere Abtheilung ffff nun, wird der zu unterſuchende Körper gelegt und ſie dann mit einem beſonderen Deckel H G verſchloſſen. Die beyden anderen Abtheilungen aber und der Deckel werden mit Eis angefüllt und endlich iſt die ganze Maſchine noch mit einem Deckel bedeckt, der ebenfalls mit Eis angefüllt wird und deſſen Rand genau in den äußeren Falz des Inſtrumentes paßt. Das in der äußeren Abtheilung befindliche Eis dient dazu, daß es das in der mittleren befindliche Eis gegen die Wärme der Atmosphäre ſchützt, daher dieſes blos durch die Wärme

me des in dem Drathfache enthaltenen Körpers ſchmelzen kann. Das von dieſem geſchmolzenen Eiſe entſtehende Waſſer läuft durch den Roſt m m und durch ein etwas weiter unten angebrachtes Sieb; kömmt dann durch die Röhre d x heraus und fließt in ein darunter geſtelltes Gefäß ab. Und dies iſt die Waſſerquantität, die den ſpezifiſchen Wärmeſtoff des zu unterſuchenden Körpers zeiget. Die mit dem Hahne r verſehene Röhre T s iſt beſtimmt das Waſſer aus der äußeren Abtheilung abzuführen *).

Soll der ſpezifiſche Wärmeſtoff eines feſten Körpers beſtimmt werden, ſo muß die Temperatur deſſelben erhöht werden, zum Beyſpiele: auf 212°. Dann muß er in den Wärmemeſſer gelegt und ſo lang darinn gelaſſen werden, bis ſeine Temperatur auf 32° reduzirt worden. Dann kann die während dieſes Abkühlens deſſelben zerfloſſene Eisquantität dadurch beſtimmt werden, daß man das aus der Röhre d x gefloſſene Waſſer wieget. Nach Lavoiſier's Beſtimmung löſt ein Pfund Waſſer von 167° ein Pfund Eis auf; um alſo den ſpezifiſchen Wärmeſtoff des Körpers zu beſtimmen, muß die aufgelöſte Eisquantität durch das Produkt des in Pfunden und Zehntheilen ausgedrückten Gewichtes des Körpers, nachdem dieſes Gewicht durch die über 32° gehende Zahl von Graden, zu der der Körper vor dem Verſuche erhöht worden, multiplicirt worden, dividirt werden, dann zeigt der Quotient die Eisquantität an, welche ein Pfund dieſes Körpers, indem er bis zu 1° erkaltet, auflöſen kann. Wird dieſer Quotient mit 167° multiplicirt, ſo zeigt das Produkt die Eisquantität an, die ein Pfund dieſes bis auf 167° erhitzten Körpers, während er bis zu 32° erkaltet, auflöſen kann. Und dies iſt dann die Größe ſeines ſpezifiſchen Wärmeſtoffs.

*) Wer eine genauere Beſchreibung dieſer Vorrichtung zu haben wünſcht, findet ſie in Lavoiſier's Handbuch der

Kennt man aber die urſprüngliche Temperatur des Körpers und die von ihm geſchmelzte Eisquantität, ſo ſagt man: wie ſich jene Temperatur zu dieſer Eisquantität verhält, ſo verhalten ſich 167° zu einer vierten Proportionale, nemlich zu der Eisquantität welche würde geſchmolzen worden ſeyn, wenn die urſprüngliche Temperatur des Körpers 167° geweſen wäre. Endlich muß dieſe vierte Proportionale durch das in Pfunden und Zehntheilen ausgedrückte Gewicht des Körpers dividirt werden, da denn der Quotient ausdrückt, wie viel Eis durch ein Pfund dieſes Körpers kann geſchmolzen werden, und das iſt dann die Größe ſeines ſpezifiſchen Wärmeſtoffs.

„Iſt der Körper eine Flüſſigkeit, ſo muß ſie in ein Gefäß geſchüttet werden, deſſen ſpezifiſcher Wärmeſtoff vorher beſtimmt worden iſt. Das Verfahren bleibt übrigens eben ſo wie es bisher beſchrieben worden. Indeſſen darf man doch nicht vergeſſen, von der Quantität des aufgelöſten Eiſes die Quantität abzuziehen, die von dem Erkalten des Gefäßes entſteht.“

„Soll die Wärmeſtoffquantität beſtimmt werden, die ſich von der Verbindung mehrerer Subſtanzen entbindet, ſo müſſen ſie alle zu der Temperatur von 32° reducirt werden; darauf müſſen ſie in dem inneren Theile des Wärmemeſſers zuſammengemiſcht und ſo lang darinn gelaſſen werden, bis ſie die Temperatur von 32° erlangt haben, dann zeigt die aufgelöſte Eisquantität, die, während der Kombination entbundene Wärmeſtoffquantität an.

„Wenn Körper während eines Zuſtandes der Verbrennung oder lebende Weſen dem Verſuche unterworfen werden, ſo iſt das Verfahren das nemliche, nur mit der

Chemie, Th. III. Kap. 3. (Auch ſteht eine Beſchreibung deſſelben im 4ten Theile des Gehlerſchen Wörterbuchs unter dem Artikel: Wärmemeſſer.)

Ausnahme, daß friſche Luft in den Wärmemeſſer muß geleitet werden, und daß dieſe Luft, wenn ſie darinnen ankömmt, die Temperatur von 32° haben muß; auch muß ſie noch die nemliche Temperatur bey ihrem Herausſtröhmen haben, um keinen Fehler in das Reſultat zu bringen. Sie muß zu dem Ende, ſo wohl wenn ſie ein- als auch wenn ſie ausſtröhmt, durch Röhren geleitet werden, die mit zerſtoßenem Eiſe belegt worden ſind."

Vermittelſt dieſes Wärmemeſſers haben Lavoiſier und Laplace den ſpezifiſchen Wärmeſtoff mehrerer Subſtanzen beſtimmt, die in der, S. 70 befindlichen Tabelle erwähnt worden und denen ich die drey folgenden merkwürdigen Reſultate noch beyfügen will *).

Die Verbrennung eines Pfundes Phosphors erforderte 1½ Pfund, oder 27648 Kubikzoll Sauerſtoffgas und bildete 2½ Pfunde konkrete Phosphorſäure. Der bey dieſer Verbrennung entbundene Wärmeſtoff, den das Sauerſtoffgas liefert, bewirkt die Auflöſung von 100 Pfund Eis und macht folglich 13532° Wärme. Daraus folgt alſo, daß ein Kubikfuß Sauerſtoffluft ſo viel Wärmeſtoff geben kann als erforderlich iſt, über 876° Wärme hervorzubringen und 6,25 Pfund Eis aufzulöſen.

Die Verbrennung von einem Pfund oder 249081 Kubikzoll Waſſerſtoffgas, erfordert 104448 Kubikzoll Sauerſtoffluft, löſt 295,6 Pfund Eis auf und bildet 61440 Gran Waſſer, welches beweiſt, daß in dem Waſſer etwas Wärmeſtoff zurück bleibt, weil ſonſt jene Sauerſtoffluft-Quantität mehr Eis ſchmelzen würde.

Die Verbrennung von einem Pfunde Holzkohle erforderte 47396 Kubikzoll Sauerſtoffluft, löſte 96½ Pfund Eis auf und bildete 47358 Kubikzoll Kohlenſaures Gas,

*) Lavoiſier's Chemie Th. III. Kap. 3.

welche 32914 Gran wogen. Auch daraus ſieht man, daß eine beträchtliche Quantität von Wärmeſtoff, mit dem kohlenſtoffſauren Gas in Verbindung tritt, oder zur Bildung deſſelben verwendet wird.

Ohngeachtet aber dieſer Wärmemeſſer von ſo groſſem Nutzen iſt, muß ich doch auch bemerken, daß noch verſchiedenes ſo wohl in Anſehung ſeiner Einrichtung, als auch ſeines Gebrauches zu erinnern übrig bleibt.

Nach allen Verſuchen und Erfahrungen ſcheint es alſo ausgemacht zu ſeyn, daß der Wärmeſtoff eine wirkliche Subſtanz und vielleicht die einzige wahre Flüſſigkeit und das allgemeine Auflöſungsmittel für alle übrige Körper iſt, da jeder andere Körper, in ſo fern er den Verſuchen unterworfen werden kann, flüſſig wird, ſobald man ihn mit einer hinlänglichen Quantität Wärmeſtoff verbindet.

Der Wärmeſtoff geht mit den Theilchen aller Körper eine Verbindung ein oder vermiſcht ſich mit ihnen, und bringt die Wirkungen hervor, die andere Kombinationen gewöhnlich hervorzubringen pflegen, nemlich: er vergrößert ihr Volumen; wird durch den Druck herausgetrieben; ſcheidet andere Subſtanzen, die zu einem gegebenen Körper eine ſchwächere Verwandtſchaft haben als er ſelbſt und vermindert ihre zuſammenhäufende Anziehung; er vermiſcht ſich mit einigen Körpern in größerer Quantität als mit andern und durchdringt einige Körper leichter als andere. Wenn von einer chemiſchen Verbindung Wärmeſtoff ausgeſchieden wird, ſo iſt das Volumen der Miſchung geringer, als das der Summe der Ingredienzien, und im Gegentheil wird, wenn das Volumen der Zuſammenſetzung größer iſt als die Summe der Ingredienzien, Kälte erzeugt, es wird nemlich Wärmeſtoff abſorbirt und folglich von den anliegenden Körpern geſchieden. Alles dies beweiſt, daß der Wär-

meſtoff, ſo wie alle übrigen Stoffe, Volumen (oder körperlichen Inhalt) hat.

Die Erwärmung eines Körpers, oder die Mittheilung der Wärme an denſelben, vermehrt, der Erfahrung zufolge, das Gewicht deſſelben nicht. *) Man möchte alſo wohl fragen: Warum der Wärmeſtoff, wenn er doch materiell ſeyn ſoll, nicht auch wie alles materielle, Gewicht oder Schwere beſitze? Tillock bemerkt zur Beantwortung dieſer Frage ſehr ſinnreich: daß der ſpezifiſche Wärmeſtoff von Körpern durch die Wärme, alſo durch die Mittheilung des Wärmeſtoffs, vermindert werde, da ſie in Anſehung des Volumens vergrößert werden und daß der Zuſatz von Wärme zu einem Körper in der freyen Luft, gerade eben die Wirkung hervorbringe, die ein Stück Kork machen würde, das an ein Stück im Waſſer befindliches Gold, angeheftet worden, das heiſt: es würde die Schwere deſſelben vermindern, weil Kork, ob er gleich wirklich Schwere beſitzt, doch leichter als Waſſer iſt; eben ſo kann der Wärmeſtoff Schwere beſitzen, ob er gleich leichter iſt als Luft, daher glaubt Tillock, daß, wenn der Verſuch im leeren Raume gemacht würde, die Vermehrung des abſoluten Gewichtes eines gegebenen Körpers durch den Zuſatz von Wärme, könne bemerket werden.

Viertes Kapitel.

Von der Hervorbringung, der Mittheilung und der Anwendung der Wärme und Kälte.

Da ich im Vorhergehenden die Grundſätze der Theorie von der Wärme vorgetragen und hinreichend erläu-

*) Man ſehe des Grafen Rumford Abhandlung über das der Wärme beygelegte Gewicht, in den philoſophiſchen Transactionen für 1799.

tert habe, iſt es nun nothwendig den Gegenſtand auch noch in Anſehung ſeines Nutzens und ſeiner Anwendbarkeit zu unterſuchen.

Wärme und Kälte ſind relative Ausdrücke. Eine und dieſelbe Temperatur iſt kalt, wenn ſie mit einer höheren verglichen wird und heiß in Vergleichung mit einer niedrigeren. Nach dem gewöhnlichen Sprachgebrauche aber betrachtet man die mittlere Temperatur des Landes als die Grenze zwiſchen warm und kalt, indem man eine Temperatur unter dieſer Grenze gewöhnlich kalt, eine über derſelben aber warm nennet.

Die mittlere Temperatur eines Landes iſt von Jahr zu Jahr nur einer ſehr unbedeutenden Veränderung unterworfen: in Anſehung der mittleren Temperatur verſchiedener Länder aber, hat eine beträchtliche Verſchiedenheit ſtatt, auch iſt dieſe Verſchiedenheit nicht blos der Breite, unter welcher ein Land liegt proportional, denn ſie hängt auch von der Lage des Landes oder des Waſſers, von der Nachbarſchaft großer Kontinente, hoher Berge, oder großer Wälder und Meere u. ſ. w. ab.

Alle in der Welt empfindbare Wärme erhalten wir aus drey verſchiedenen Quellen, nemlich erſtlich: von der Sonne; zweytens wird ſie entwickelt bey der Zuſammendrückung, unter welchem Ausdrucke Stoß und Reibung zu verſtehen iſt, und drittens bey der Zerſetzung und Zuſammenſetzung von Körpern, wozu Verbrennungen, Gährungen u. ſ. w. gehören.

I.

Die auf ein und dieſelbe Stelle der Oberfläche der Erde in gerader Richtung fallenden Sonnenſtrahlen ſind nach den Jahreszeiten, nach der Reinheit der Atmoſphäre, dem Zuſtande des Windes und auch nach der Beſchaffenheit des Bodens mehr oder weniger heiß. In

England machen in den heiſſeſten Tagen des Sommers die direkten Sonnenſtrahlen das Thermometer ſelten bis auf 110° ſteigen. In anderen Klimaten aber und beſonders unter den Wendekreiſen machen ſie, daß es beträchtlich höher ſteigt, nemlich 20; oder 30 oder ſogar, wie man verſichert, 40 Grade über 110 Grade. Indeſſen verdienen doch die Mährchen von ihrer Kraft Bley zu ſchmelzen und ſelbſt Schießpulver anzuzünden, keinen Glauben.

Daß wir zu einer Zeit des Jahres viel mehr Hitze haben als zu einer anderen, kömmt nicht davon her, daß die Sonne uns näher oder weiter von uns entfernt iſt, denn der Unterſchied zwiſchen ihren verſchiedenen Abſtänden von der Erde iſt zu klein, als daß er eine fühlbare Wirkung hervorbringen könnte. Die wahren Urſachen davon aber, daß wir im Sommer größere Wärme haben als im Winter ſind folgende: erſtlich: weil die Sonne im Sommer unſerm Zenith oder Scheitelpunkt näher iſt und ihre Strahlen auf einem kürzern Wege durch die Atmosphäre zu uns gelangen und folglich nicht ſo lang von ihr aufgefangen werden als im Winter. Man ſehe hiezu Fig 12 der XVIII Tafel, wo AB die Oberfläche der Erde, FGH die Atmosphäre, D und E zwey verſchiedene Standpunkte der Sonne und C eine beſondere Stelle auf der Oberfläche der Erde vorſtellt. Bey der Anſicht dieſer Figur wird es einleuchtend, daß die Entfernung von H bis C größer iſt, als die von G bis C, das heiſt, daß die Sonnenſtrahlen, wenn die Sonne bey D iſt, durch einen kleineren Theil der Atmosphäre gehen, als wenn ſie bey E iſt. Daraus erklärt ſich es auch, warum überhaupt die Sonnenſtrahlen gegen die Mittagszeit heißer ſind als dann, wenn ſie eben erſt aufgegangen iſt oder bey ihrem Untergange; zweytens bekommen wir, wenn die Sonne höher ſteht, darum mehr Wärme, weil dann von ihren Strahlen eine größere Menge auf einen gegebenen Theil der Ober-

fläche der Erde fallen, als wenn die Sonne tiefer ſteht und ihre Strahlen in einer ſchieferen Richtung darauf fallen, und drittens: weil die Sonne im Sommer länger über dem Horizont bleibt als im Winter und folglich die Oberfläche der Erde ihren Strahlen auch länger ausgeſetzt bleibt.

Bey der erſten Anſicht der Sache könnte man leicht bewogen werden, anzunehmen, daß die heißeſte Zeit des Tages die Mittagszeit, nemlich die Zeit, da die Sonne am höchſten ſteht, und die heißeſte Zeit im Jahre dann ſeyn müſſe, wenn die Sonne die Sommerſonnenwende erreicht hat. Das iſt aber in der That nicht der Fall, denn wenn anders kein zufälliger Umſtand darzwiſchen kömmt, iſt der Tag immer in den Nachmittagsſtunden am heiſeſten und zwar mit dem Unterſchiede, daß im Winter die heißeſte Periode des Tages dem Mittage näher iſt als im Sommer. In England iſt im Sommer die heißeſte Zeit des Tages, worunter ich nicht die Hitze, welche durch die auffallenden Sonnenſtrahlen verurſacht wird, ſondern die Hitze der Luft, die ſie im Schatten hat, verſtehe,) ohngefähr gegen zwey Uhr und eher noch etwas vor zwey Uhr. Die heißeſte Zeit des Jahres iſt in dieſem Lande überhaupt im Julius, nemlich nach der Sonnenwende. Die Urſache davon iſt: weil, obgleich die Sonnenſtrahlen mehr Wärme geben, wenn die Sonne höher ſteht, ſo daß ſie alſo zwar um zwey Uhr weniger Wärme verurſachen müſſen, als zur Mittagszeit, doch die Erde und die in ihrer Nähe befindliche Luft, einen beträchtlichen Theil von der erlangten Wärme an ſich zurück behalten und alſo um zwey Uhr noch heißer ſeyn müſſen als zur Mittagszeit, indem die Temperatur derſelben, ſo lange ſie zu irgend einer beſonderen Zeit eine größere Quantität von Wärme erlangen, als ſie von der, die ſie bereits erlangt hatten, verlieren, immer mehr erhöht werden muß. — Eben dies gilt, mutatis

mutandis, von der Mittheilung der Kälte, oder der Beraubung der Wärme.

Am Tage bekömmt die Erde Wärme und in der Nacht verliert ſie ſie. Im Sommer aber verliert ſie während der Nacht weniger Wärme als ſie während des Tages bekömmt, daher wird dieſer Ueberſchuß derſelben, den inneren Theilen der Erde allmählig von der Oberfläche aus mitgetheilt. Im Winter hingegen iſt der Wärmeverluſt während der Nacht größer als die während des Tages erlangte Quantität derſelben, daher wird den inneren Theilen der Erde nach und nach Kälte von der Oberfläche derſelben aus mitgetheilt. Iſt aber die erwähnte Sommerwärme bis zu einer gewiſſen Tiefe eingedrungen, ſo fängt die Winterkälte an, ihr entgegen zu wirken, wovon die Folge iſt, daß unter einer gewiſſen Tiefe zu keiner Jahreszeit eine Veränderung der Temperatur ſtatt hat, außer an denen Stellen, in deren Nähe ein Vulkan, oder eine beſondere Verbindung gährender Mineralien befindlich iſt. Solcher Stellen aber giebt es im Verhältnis zu der äußeren Oberfläche der Erde außerordentlich wenige und der Einfluß derſelben iſt auch ſehr beſchränkt.

Dies iſt auch die Urſache von der Erſcheinung, daß in tiefen Brunnen und ſelbſt ſchon funfzig oder ſechzig Fuß unter der Oberfläche der Erde, das Thermometer ſeinen Stand das ganze Jahr hindurch wenig oder gar nicht verändert. Dergleichen Brunnen ſcheinen uns warm im Winter und kalt im Sommer zu ſeyn, weil, da ſie immer einerley Temperatur behalten, dieſe Temperatur in der That im Winter wärmer und im Sommer kälter iſt, als die äußere Luft. Das iſt auch der Grund davon, daß das Waſſer tiefer Brunnen im Sommer kalt und im Winter warm ſcheint, und die Temperatur derſelben iſt beynahe in dem Grade gleichförmig,

daß man nach ihr die mittlere Temperatur eines Landes beſtimmen kann. Man zieht nemlich in dieſer Abſicht einen Eimer voll Waſſer aus einem Brunnen, der über funfzig Fuß tief iſt, und wählt dazu beſonders einen ſolchen, der nicht viel Waſſer enthält; darauf ſteckt man ſogleich das Thermometer in das Waſſer und bemerkt den Grad, bis zu dem es ſteiget. Dieſer bezeichnet dann die mittlere Temperatur des Landes, in welchem der Verſuch gemacht wird, oder iſt doch nur ſehr wenig davon verſchieden *).

In dem Keller der Pariſer Sternwarte, gegen neunzig Fuß unter dem Boden, ſtand das Thermometer auf 55° **), und ſeine Abweichung von dieſem Stande betrug nicht einen Grad. Das Mittel zwiſchen der größten Kälte und der größten Hitze, die man zu Paris in 56 Jahren beobachtet hat, 54°,5 ***).

In London iſt die mittlere Temperatur 50° ****). Im Laufe der Zeit aber, iſt die mittlere Temperatur eines

*) Man ſehe die philoſophiſchen Transactionen B. 78. S. 110.

**) Doct. Martine ſagt 53°. Man ſehe ſeine medeziniſchen und phyſikaliſchen Verſuche. S. 319.

***) Denkſchriften der Akademie der Wiſſenſchaften 1765. S. 202.

****) Aus dem Tagebuche der königlichen Societät, das das ganze Jahr hindurch zwey Beobachtungen des Thermometers für jeden Tag giebt, ſieht man, daß das allgemeine Mittel 50°, 5 iſt; das Mittel für jedes einzelne Jahr iſt zuweilen nur gegen 48° und zu anderen Zeiten wieder 52°. Nach dem Tagebuche über das Sixtiſche Thermometer, das in den letzteren Jahren in dem Journale der königlichen Societät iſt aufgenommen worden, iſt das Mittel zwiſchen der größten Kälte der Nacht und der größten Wärme des Tages 49, 97. Und nach den in der Marlborough-Straße, von dem verſtorbenen Lord Carl Cavendiſh angeſtellten Verſuchen iſt das Mittel zwiſchen der größten Hitze des Tages und der größten Kälte der Nacht 49°, 196.

Landes Veränderungen unterworfen, die ihren Grund in der Art der Kultivirung deſſelben und mehreren anderen Urſachen haben *).

Nach einer Unterſuchung verſchiedener, dreyſig Jahre lang fortgeſetzter meteorologiſcher Beobachtungen, hat der Pater L. Cotte folgende, das Thermometer betreffende, allgemeine Axiome aufgeſtellt *).

„Das Thermometer ſteigt bis auf ſeinen höchſten Punkt öfterer in den gemäſigten Zonen, als in der heiſen.

„Zwiſchen den Wendekreiſen verändert es ſeinen Stand nur wenig; die Veränderungen deſſelben ſind, wie die des Barometers, deſto gröſer, je weiter man ſich von dem Aequator nach den Polen zu entfernt.

„Es ſteigt höher in Ebenen als auf Bergen.

„In der Nähe des Meeres fällt es nicht ſo tief als in dem Inneren des Landes.

„Der Wind hat keinen Einfluß auf ſeine Bewegungen.

„Feuchtigkeit hat, wenn ein Wind darauf folgt, der ſie zerſtreut, einen beſonderen Einfluß auf daſſelbe.

„Die gröſte Wärme und die gröſte Kälte tritt ohngefähr ſechs Wochen nach der nördlichen oder ſüdlichen Sonnenwende ein.

„Das Thermometer iſt veränderlicher im Sommer, als im Winter.

„Die kälteſte Tageszeit iſt vor Sonnenaufgang.

Man ſehe die philoſophiſchen Transactionen für 1788. Art. 5 und 6, auch Kirwan über die Temperatur verſchiedener Breiten.

*) Man ſehe Mann's Abhandlungen in dem phyſikaliſchen Magazine Band IV. und V.

**) Gren's Journal der Phyſik Band III. S. 5.

„Die größte Hitze im Sonnenſchein und im Schatten, hat ſelten an einem und demſelben Tage ſtatt.

„Die Hitze nimmt weit ſchneller von dem September und October an ab, als ſie vom Julius an bis zum September zunimmt.

„Es iſt nicht wahr, daß ein ſehr kalter Winter das Zeichen eines ſehr heißen darauf folgenden Sommers iſt.“

Die Wahl des Platzes für ein Thermometer, mit dem die Temperatur der umgebenden Luft zu verſchiedenen Zeiten ſoll beſtimmt werden, iſt keine gleichgültige Sache. Daß es außerhalb des Hauſes in einiger Entfernung von der Wand deſſelben und gegen einen warmen Luftzug aus Küchen u. ſ. w. kommend, geſichert, müſſe angebracht werden, iſt einleuchtend und verſteht ſich von ſelbſt; allein man hat beobachtet, daß in Anſehung der Localwärme gewiſſe Beſonderheiten ſtatt haben, die oft die Angaben eines einzelnen Thermometers zweifelhaft oder zweydeutig machen und daher dürfte es wohl am ſicherſten ſeyn, ſich bey Beobachtungen zweyer oder dreyer Thermometer zu bedienen, die in verſchiedenen Höhen von der Oberfläche der Erde aufgeſtellt worden und aus ihren gleichzeitigen Angaben ein Mittel zu nehmen.

Mit einem Worte: man hat beobachtet, daß Thermometer die in verſchiedenen Höhen angebracht ſind, auch verſchieden angegriffen werden oder verſchiedene Einwirkungen erfahren, und, was noch merkwürdiger iſt, daß in der Nacht, beſonders wenn die Luft ſtill und der Himmel völlig wolkenleer iſt, das nahe an der Oberfläche der Erde befindliche Thermometer einen größeren Grad der Kälte angiebt als ein in einer höhern Lage angebrachtes. Man hat über dieſe Temperaturen-Eigenheit ſehr viele Beobachtungen gemacht, allein wir ſind dadurch doch noch nicht in den Stand geſetzt worden, allgemeine Geſetze davon herzuleiten und aufzuſtel-

len. Alles was man darüber ſagen kann iſt das: daß dieſer Unterſchied von partiellen oder abgetheilten Temperaturen, der nicht viel Grade beträgt, vielleicht von der Ausdünſtung oder auch, wie Six vermuthet, von der Kälte, die der Thau oder die Dünſte während ihres Niederfallens annehmen könnten, möchte bewirkt werden *).

Indeſſen darf dieſe letztere Bemerkung doch nur von Höhen die nicht groß ſind, verſtanden werden, denn in größeren Erhöhungen, dergleichen Berge ſind, iſt der Unterſchied der Temperaturen ſehr auffallend und merkwürdig, ſo daß es in jedem Klima und ſelbſt unter der heiſſen Zone, Berge giebt, die jenſeits einer gewiſſen Höhe mit ewigem Eis bedeckt ſind; der Grund dieſer Erſcheinung liegt darinn, daß dieſe Theile der Berge ſo weit von dem Körper der Erde entfernt ſind, daß ſie keinen Theil an dem allgemeinen Wärmevorrath nehmen können, den der ganze Erdkörper von der Sonne bekömmt. Eine andere, hiezu mitwirkende Urſache iſt auch, daß Berge gar ſehr den Winden und beſonders ſolchen Winden ausgeſetzt ſind, die in den unter ihnen liegenden Ebenen entſtehen, und wie Doctor Darwin ſehr richtig bemerkt,**) wegen der Ausdehnung der aufwärts ſteigenden Luft, eine beträchtliche Kälte verurſachen müſſen.

Die Eislinie, jenſeits welcher man kein flüſſiges Waſſer mehr findet, iſt nach dem Unterſchiede der Breite, mehr oder weniger von der ebenen Oberfläche der Erde entfernt.

*) Man ſehe Wilſon's Abhandlung in den philoſophiſchen Transactionen für 1780 und Six ſinnreiche Abhandlungen über Localwärme in den philoſophiſchen Transactionen für 1784 und 1788.

**) In den philoſophiſchen Transactionen für 1788. Art. 4.

Aus Bouguer's und anderer Beobachtungen erhellt, daß in der Mitte der heißen Zone, die Eislinie ohngefähr in der Höhe von 15600 Fuß liegt, in der Nähe der Wendekreiſe, oder bey dem Anfange der gemäßigten Zonen, liegt ſie in der Höhe von ohngefähr 13428 Fuß. Auf der Inſel Teneriffa, die im 28° nördlicher Breite liegt, befindet ſich die Eislinie in einer Höhe von ohngefähr 10000 Fuß. In Auvergne, unter 45° nördlicher Breite, iſt ſie ohngefähr 6740 Fuß hoch. Zwiſchen dem 51ſten und 54ſten Grad nördlicher Breite, ſcheint ſie ohngefähr 5800 Fuß hoch zu ſeyn. Bey 80° nördlicher Breite fand ſie der Lord Mulgrave in einer Höhe von ohngefähr 1200 Fuß über der Meeresfläche, daher man, wie General Roy bemerkt, ſchließen kann, daß bey dem Pole ſelbſt, die Erde beſtändig mit Schnee bedeckt iſt.

Ehe ich die Bemerkungen über die erſte und Haupturſache der Wärme, nemlich über die Sonnenwärme, beſchließe, muß ich noch erwähnen, daß wir von keinem anderen Himmelskörper fühlbare Wärme bekommen. Man ſollte in der That glauben, daß der Mond, wegen des ſtarken Lichtes, das er auf die Erde wirft, einige Wärme mittheilen müſſe, allein ob man gleich ſein Licht, durch einen großen konkaven Spiegel konzentrirt und auf die empfindlichſten Thermometer hat fallen laſſen, weiß ich doch nicht mit Gewißheit, ob es einigen Einfluß darauf gehabt hat. Man hat über das Verhältniß zwiſchen dem Lichte, was wir unmittelbar von der Sonne bekommen und zwiſchen dem was der Mond uns zuwirft, ſehr viele Berechnungen gemacht, aus denen ſich ergiebt, daß das Licht des Mondes mehrere hundert mal weniger dicht iſt als das Sonnenlicht, und man glaubt daß eben dies Verhältniß auch in Anſehung der Wärme beyder Himmelskörper ſtatt habe.

II.

Der Druck oder der Stoß, (colliſion) welcher eine plötzliche Zuſammendrückung iſt, iſt die zweyte und allgemeiner benutzte Urſache der Wärme und wenn die auf dieſe Art hervorgebrachte Wärme brennbaren Stoffen mitgetheilt wird, bewirkt ſie jene Zerſetzung, die man gewöhnlich Feuer nennt.

Wenn man Holz an Holz oder einem harten Kärper und Metall an Metall oder einem anderen Körper, oder überhaupt feſte Körper an einander reibt oder ſchlägt, ſo werden ſie dadurch erhitzt und werden dies oft ſo ſehr, daß ſie rothglühend werden.

Hierdurch kann Wärme auch da hervorgebracht werden, wo ſchlechterdings keine Sauerſtoffluft beſindlich iſt, ſo daß ſie in ſolchen Fällen nicht von der Zerſetzung dieſer Luft kann hergeleitet werden. Dieſe Erfahrung hat Verſchiedene auf die Vermuthung geleitet, daß Wärme nicht die Wirkung einer beſonderen und eigenen Subſtanz, die man Wärmeſtoff genannt hat, ſondern blos eine beſondere oder eigene Bewegung der Theile von Körpern ſey. *) Man muß indeſſen hiebey in Betrachtung ziehen, daß jede Friction ohne Ausnahme, eine Zuſammendrückung, das heißt eine Zuſammenziehung des Volumens der Körper, die ſie erfahren, wenigſtens auf einige Zeit hervorbringt, **) und daß daher der Wärmeſtoff aus den Körpern ſelbſt getrieben wird und wenn er den naheliegenden oder umgebenden Kör-

*) Dies behauptet unter den deutſchen Phyſikern auch Hube, in ſeinem Unterricht in der Naturlehre B. II. S. 116 ff.

**) Holz und andere weiche Subſtanzen werden durch Friction ſichtbar zuſammengezogen. Auch metalliſche Körper werden es durch reiben, rollen oder hämmern, denn ihre ſpezifiſchen Schweren werden dadurch vermehret.

pern mitgetheilt worden, die gewöhnlichen Zeichen der Wärme hervorbringt.

Was dieſen Beweis noch verſtärkt iſt: daß Subſtanzen, die ſich nicht zuſammendrücken laſſen, durch mechaniſche Kraft nicht erwärmt werden. So wird ein Feuerſtein oder ein Kieſel durch die Schläge eines Hammers blos zerbrochen, ein Stück Metall aber wird dadurch erhitzt. Eben ſo kann man ein beliebiges Gewicht auf eine Quantität Waſſer legen, ohne daß dadurch die Temperatur derſelben verändert würde, weil ſich das Waſſer faſt gar nicht zuſammendrücken läßt; legt man aber ein größeres Gewicht auf eine Quantität Luft, ſo wird das Volumen dieſer Luft zuſammengezogen und die Temperatur derſelben erhöht werden.

Durch ohngefähr funfzehn oder zwanzig ſtarke und ſchnelle Schläge mit dem Hammer auf den Endtheil eines eiſernen Stabes, von ohngefähr einen Viertelzoll im Durchmeſſer, der auf einem Ambos liegt, wird ein geſchickter Schmidt dieſes Ende des Stabes ſichtbar rothglühend machen. Aber die Hervorbringung lebhafter brennender Funken durch das Anſchlagen eines Stahls an den Rand eines Feuerſteins iſt eine nicht weniger bemerkenswerthe Erſcheinung. Läßt man dieſe Funken auf einen Bogen Papier fallen, ſo findet man, daß ſie Theilchen von dem Stahle und zum Theile oxygenirt ſind. Sie werden durch den Feuerſtein abgeriſſen und dabey ſo zuſammengedrückt, daß ſie erhitzt werden, u. ſ. w.

III.

Endlich entſteht auch Wärme drittens noch, durch Vermiſchung, durch Zuſammenſetzung und durch Zerſezzung von Körpern.

Wenn

Wenn Säuren, oder Weingeiſt mit Waſſer vermiſcht werden, ſo werden ſie dadurch mehr oder weniger warm und dies thun auch eine Menge anderer Körper, wenn ſie vermiſcht werden. Nicht eine jede Miſchung wird erhitzt, ſondern man hat bemerket, daß, ſo oft eine Miſchung von zwey oder mehreren Körpern erhitzt wird, das Volumen einer ſolchen Miſchung kleiner iſt als die Summe der Volumina der einzelnen Ingredienzien, daß alſo eine Zuſammendrückung oder Konzentration ſtatt hat, die mit einer Entwickelung von Wärmeſtoff verbunden iſt.

Die Gährung oder Zerſetzung ſo wohl thieriſcher als vegetabiliſcher Subſtanzen, iſt allemal mit Wärme verbunden. Diejenige Art der Zerſetzung brennbarer Subſtanzen oder von Sauerſtoffluft, die ein Rothglühen u. ſ. w. hervorbringt, wird gewöhnlich Feuer genannt, und dies wird durch ſeine eigene Kraft allmählig von einem Theile zu dem andern fortgepflanzt. Wenn daher die oben erwähnten glühenden Stahltheilchen auf eine Subſtanz fallen, die leicht zerſetzt wird, wie der Zunder iſt, ſo werden die berührten Zundertheile erhitzt und durch dieſe Hitze zerſetzt, und da nun die Beſtandtheile derſelben den Sauerſtoff der Luft anziehen, ſo machen ſie den Wärmeſtoff dieſer Flüſſigkeit los und dieſer erhitzt und zerſetzt die anliegenden Theilchen des Zunders, die dann noch mehr Luft zerſetzen und ſo geht die Verbrennung fort und dauert ſo lang, als Subſtanzen und Sauerſtoffluft zu zerſetzen da ſind.

Es iſt einleuchtend, daß die Berührung einer wirklich brennenden Subſtanz nicht ſchlechterdings nothwendig iſt um die Verbrennung anderen brennbaren Körpern mitzutheilen, indem es ſchon genug iſt, ſolche brennbare Körper bis zu einem gewiſſen Grade zu erwärmen. Die Wärme kann auch ohne wirkliche Berührung des erhitzten Körpers mitgetheilt werden.

Zuweilen entzündet ein brennender Körper auch einen anderen, der ihm nicht ſo nahe iſt, daß er hinreichend durch ihn könnte erhitzt werden. So geſchieht es, zum Beyſpiele, häufig, daß, wenn ein eben erſt ausgeblaſenes Talglicht in einer ſolchen Richtung in einer gewiſſen Entfernung von der Flamme eines anderen brennenden Lichtes gehalten wird, daß der von jenem aufſteigende Rauch oder Dampf durch die Flamme des letzteren gehen kann, jenes dadurch angezündet wird. Es muß aber auch bemerkt werden, daß in dieſen und anderen ähnlichen Fällen der Rauch- und Dampf-Strohm eine wirkliche Zündlinie von brennbarem Stoff iſt, die entzündet worden iſt und nun nach und nach von der Flamme des brennenden Lichtes an bis zu dem Dochte des anderen brennt.

Eine Menge ökonomiſcher Einrichtungen, die eingeführten Gewohnheiten des größten Theiles der Erdbewohner, die Wirkungen mehrerer Künſte, ſo viele Annehmlichkeiten, ja die Erhaltung des Lebens ſelbſt — alles das macht eine künſtliche Unterhaltung der Wärme nothwendig. Der größte Theil dieſer Wärme aber kann blos durch das Verbrennen brennbarer Körper erhalten werden.

Die Brennſtoffe oder die Materialien zur Unterhaltung des gewöhnlichen Feuers, ſind entweder Holz oder Steinkohlen; denn alle andere brennbare Subſtanzen ſind weder in großer Menge vorhanden, noch können ſie mit Vortheil angewendet werden. Selbſt das Brennholz iſt faſt in ganz Europa ſeltner geworden und auch Kohlen findet man nicht in jedem Lande und wo man ſie findet, da müſſen ihre Lager mit der Zeit ausgeleert werden. Dieſe Betrachtungen ſollten überall den Vorſatz bewirken, beyde Arten der Brennmaterialien mit Sorgfalt und Sparſamkeit zu verbrauchen. Bey einer zweckmäßigen Einrichtung kann der unnützen Ver-

wüſtung derſelben geſteuert werden, ohne darum die Vortheile zu vermindern, die der Gebrauch des Feuers gewährt.

Die Beobachtung folgender allgemeiner Regeln kann bey der Einrichtung von Feuerſtellen und in Bezug auf die Benutzung der Hitze derſelben von Nutzen ſeyn.

1. Die zur Erbauung von Feuerſtellen zu brauchenden Materialien, ſollten immer ſchlechte Wärmeleiter ſeyn, man ſollte alſo lieber irdene oder Steine dazu wählen, als Metalle. Wo man aber nothwendig Metall dazu nehmen muß, müſſen die metalliſchen Theile von Backſteinen oder anderen ſchlechten Wärmeleitern umgeben werden, diejenigen Stellen jedoch ausgenommen, wo die Wärme durchgelaſſen werden ſoll.

2. Der zur Verbrennung nothwendige Luftzug muß gerade ſtark genug, nie aber zu ſtark ſeyn. Der Strohm deſſelben muß in einer ſolchen Richtung geführt werden, daß er nicht auf die Gefäße, oder Perſonen u. d. gl. m. ſtößt, die von dem Feuer ſollen erwärmt werden. — Man hat gefunden, daß es beſſer iſt in einen Ofen, in welchem eine ſtarke Hitze ſoll hervorgebracht werden und bey dem man ſich der Bälge bedient, eine große Quantität Luft mit einer geringen Geſchwindigkeit ſtröhmen zu laſſen, als eine kleinere Quantität mit größerer Geſchwindigkeit hinein zu leiten.

3. Wenn Hitze durch Röhren, Gänge u. d. gl. m. ſoll geleitet werden, ſo muß man die Vorſicht gebrauchen, dieſe Röhren mit ſchlechten Wärmeleitern zu umgeben.

4. In Anſehung der Feuerſtellen, Eſſen, Oefen u. ſ. w. ſo wie auch der Leitung der Wärme, muß man ebenfalls bemerken, daß die Wärme von gewiſſen Körpern durchgelaſſen, von anderen aber zurückgeworfen wird und von noch anderen anders gerichtet, oder in ihrem Laufe abgebogen wird, indem ſie durch ſie geht*).

*) Ueber die beſonder Einrichtung der Küchenfeuerſtellen, ſehe man des Grafen Rumford's Verſuche.

Staatliche Bibliothek Bamberg

Dieſe Eigenſchaften werden in der Folge kurz erklärt werden.

Unter den feſten Körpern ſind die metalliſchen Subſtanzen die beſten Wärmeleiter und nach ihnen einige feſte Steine. Die anderen erdigten Körper leiten die Wä-me in eben dem Verhältniſſe ſchlechter, in welchem ihr Gewebe weniger feſt und mehr mit Waſſer oder öligten Subſtanzen vermiſcht iſt. Kohlen und andere brennbare Mineralien ſind ſehr ſchlechte Wärmeleiter. Holz und andere Pflanzentheile, wie auch ſolche Körper, welche aus jenen gemacht werden, als Papier, Seile u. ſ. w. ſind ſo ſehr ſchlechte Wärmeleiter, daß man ein wirklich brennendes Stück von einem derſelben, dem Finger weiter als bis auf einen Zoll nähern kann, ohne Nachtheil davon zu empfinden. Holzkohle und Holzkohlenſtaub ſind ſehr gute Nichtleiter der Wärme und daher ſehr geſchickt, bey Röhren und dergleichen angebracht zu werden, in welchen Wärme erhalten werden ſoll.

Flüſſigkeiten ſcheinen auſſerordentliche ſchlechte Leiter, wo nicht vollkommene Nichtleiter der Wärme zu ſeyn. Ja die Wärme ſcheint durch Flüſſigkeiten blos durch die innere Bewegung ihrer Theile fortgepflanzt zu werden. Alles, was dieſe Bewegung geſtattet oder befördert, trägt zur Fortpflanzung der Wärme bey; — und alles, was jene Bewegung hindert oder hemmt, verzögert die Fortpflanzung der Wärme in Flüſſigkeiten. Die Lufttheilchen, welche mit einem erwärmten Körper in Berührung kommen, werden, indem ſie dadurch erwärmt und verdünnt werden, ſpecifiſch leichter, als die ſie umgebende Luft und ſteigen folglich in die Höhe; dann kömmt wieder andere Luft mit dem erwärmten Körper in Berührung, und wird ebenfalls erwärmt und dadurch alſo auch genöthiget, aufwärts zu ſteigen u. ſ. f. So wird die Wärme von dem urſprünglich heißen Körper durch die Luft zu einer Entfernung von demſelben

geleitet. Wird aber dieſe Bewegung der Luft durch die Dazwiſchenkunft von Abtheilungen von Papier, Wolle, Baumwolle, Pelzwerk u. d. gl. m. gehemmt; ſo wird dadurch die Mittheilung der Wärme im Verhältniß zu der Hinderung der Bewegung, mehr oder weniger verhindert. Und es iſt hauptſächlich eine Wirkung dieſer Hinderung, daß Pelze, Federn, Eyderdunnen, Baumwolle und dergleichen, warme Bekleidungen abgeben; ſie verhindern nemlich dadurch, daß ſie in großer Maſſe die Bewegung der Luft zwiſchen ihren Faſern hemmen, zugleich auch die Zerſtreuung der Wärme.

Eben dieſe Bemerkungen laſſen ſich auf das Waſſer und vielleicht auf alle andere Flüſſigkeiten anwenden. Wenn ein mit Waſſer angefülltes Gefäß über Feuer geſetzt wird, ſo werden diejenigen Waſſertheilchen, die zunächſt an dem Boden des Gefäßes ſind, zuerſt erwärmt und verdünnt und werden alſo ſpezifiſch leichter; daher ſteigen ſie in die Höhe und andere kältere Theilchen nehmen dagegen ihre Stelle ein; dieſe werden nun wieder erwärmt und ſteigen darauf ebenfalls in die Höhe u. ſ. w. Dies iſt die Urſache der innern Bewegung des Waſſers, während des Erhitzens. Wird das Feuer auf dem obern Theile des Waſſers angebracht, ſo wird dadurch das untere Waſſer nicht erwärmt, denn erwärmtes und verdünntes Waſſer ſteigt nicht unterwärts.

Der Graf Rumford ſchloß auf dem Boden eines ziemlich hohen gläſernen Gefäßes, das mit Waſſer, welches dem Siedepunkt nahe war, angefüllt worden, ein Stück Eis ein und bemerkte die Zeit, welche erforderlich war, das Eis zu ſchmelzen. Er wiederholte darauf den Verſuch, aber mit dem Unterſchiede, daß ein ähnliches Stück Eis auf der Oberfläche des heißen Waſſers angebracht wurde. Der Erfolg davon war, daß das Eis mehr als achtmal langſamer ſchmelzte, wenn kochend heißes Waſſer auf der Oberfläche deſſelben ſtand,

als wenn man das Eis blos auf der Oberfläche des heißen Waſſers ſchwimmen ließ. Dieſe höchſt merkwürdige Erſcheinung kann leicht durch die bereits erwähnte Eigenſchaft flüſſiger Körper erklärt werden. Wenn nemlich das Eis auf der Oberfläche des heißen Waſſers ſchwimmt, ſo ſenken ſich die Theilchen des Waſſers, die an dem Eiſe liegen, weil ſie dadurch kalt werden, niederwärts und andere heiße Waſſertheilchen nehmen ihre Stelle ein, geben dann dem Eiſe einen Theil ihrer Wärme ab und fallen niederwärts, und ſo fort. Liegt aber das Eis auf dem Boden, ſo werden die Waſſertheilchen, die mit ihm zuerſt in Berührung kommen, abgekühlt und dadurch ſpecifiſch ſchwerer gemacht; ſie bleiben folglich auf ihrer Stelle, und ſo hat keine Bewegung in dem Inneren des Waſſers ſtatt *).

A B Fig. 13. Taf. XVIII, iſt ein gläſernes Gefäß abgebildet, das mit dem Gefäße eines Thermometers Aehnlichkeit hat, nur daß es größer und an ſeinem oberen Theile offen iſt. Der Durchmeſſer der Hohlung der Röhre deſſelben beträgt ohngefähr den vierten Theil eines Zolles. Dieſes Gefäß fülle man bis auf einen Zoll von dem oberen Theile mit Waſſer an und vermiſche mit dem Waſſer einige Pulverarten **), deren ſpezifiſche Schweren der des Waſſers beynahe gleich ſind, ſo daß ſie in demſelben ſchwebend bleiben, ſo wird ſich die Bewegung des Waſſers an der Bewegung der Pulvertheilchen erkennen laſſen. Wird nun die Kugel B gelind erwärmt, ſo wird man ſehen, daß ein Strohm von warmem Waſſer längs der Seite der Röhre ſich erheben wird, indes zugleich ein anderer Strohm von kälterem Waſſer längs der anderen Seite des Gefäßes niederwärts gehen wird.

*) Man ſehe des Grafen Rumford ſiebenten Verſuch.

**) Pulver von dem durchſichtigen gelben Ambra ſchickt ſich ſehr gut darzu.

Alles, was die freye Bewegung der Theilchen der Flüſſigkeit hindert, hindert auch zugleich die Fortpflanzung der Wärme durch dieſelbe. So kann Waſſer, das durch eine Miſchung von Stärke und anderen Subſtanzen verdickt worden, oder deſſen Bewegung durch Wolle, Baumwolle, Eyderdunnen u. d. gl. m. gehindert wird, ſchwerlich eben ſo bald erwärmt werden als reines und helles Waſſer. Daher kann man es ſich auch erklären, warum Aepfel uud einige andere Früchte nicht leicht warm oder kalt werden können; ſie beſtehen nemlich faſt ganz aus kleinen, mit Flüſſigkeit angefüllten Bläschen, und die Flüſſigkeit kann ſich folglich nicht von dem einen Theile der Frucht zu dem andern bewegen.

Von einem warmen Körper ſtröhmt, wenn er in eine kältere Temperatur gebracht wird, Wärme aus und verbreitet ſich, wenn ſie nicht durch die Dazwiſchenkunft beſonderer Subſtanzen daran verhindert wird, nach allen Richtungen. Einzelne Theile dieſes Wärmeerguſſes werden Wärmeſtrahlen genannt, nicht etwa, weil jener Wärmeausfluß, ſo weit wir ihn kennen, aus einzelnen Ströhmen beſtünde, ſondern blos um die Sache beſſer oder verſtändlicher darſtellen zu können.

Die Wärmeſtrahlen haben mit den Lichtſtrahlen nicht einerley Beſchaffenheit, denn wenn ſie nicht von einander verſchieden wären, ſo müſte eine gewiſſe Quantität von Wärme beſtändig von einerley Lichtquantität begleitet ſeyn, man findet aber, daß verſchiedene Subſtanzen ziemlich viel Licht, ohne die geringſte empfindliche Wärme verbreiten und daß wieder andere einen beträchtlichen Grad von Wärme ohne das geringſte Licht geben. Eine ſehr ſtarke Beſtätigung aber davon, daß ſie wirklich zwey verſchiedene Naturpotenzen ſind, geben Herſchels neueſte Entdeckungen, von welchen die hauptſächlichſten in der Folge werden erwähnt werden.

Die von der Sonne oder irgend einem anderen warmen Körper kommenden Wärmeſtrahlen gehen, ſo lang ſie auf kein Hinderniß oder einen Körper ſtoßen, der ihren Fortgang hindert, von dem ganzen Körper aus, in geraden Linien fort. Treffen ſie auf einen Körper, ſo werden ſie nach der Beſchaffenheit und Geſtalt deſſelben von ihm entweder zurückgeworfen, oder verſchluckt oder durchgelaſſen. Gewöhnlich haben dieſe Wirkungen alle zugleich ſtatt, das heiſt: die Wärmeſtrahlen werden von dem nemlichen Körper zum Theil reflektirt oder zurückgeworfen; zum Theil abſorbirt oder verſchluckt und zum Theil durchgelaſſen; jeder Körper aber bringt einige von dieſen Wirkungen ſtärker als die anderen hervor.

Die nemlichen Beobachtungen kann man auch bey dem Lichte machen; die Strahlen deſſelben gehen nemlich von dem leuchtenden Körper aus nach allen Richtungen hin in geraden Linien fort, bis ſie auf einen Körper fallen, der ſie entweder zurückwirft, oder einſchluckt, oder durchläßt. Aber nicht alle Wirkungen, die ein gegebener Körper auf die Lichtſtrahlen macht, ſind mit denen, die der nemliche Körper in Anſehung der Wärmeſtrahlen hat, gleich; ſo wird zum Beyſpiele, eine Metallplatte, die für das Licht undurchdringlich iſt, eine beträchtliche Quantität Wärme durchlaſſen, da im Gegentheile eine Glasplatte Licht in größerer Quantität als Wärme durchläßt und ſo fort.

Die Oberflächen aller Körper werfen die auf ſie fallenden Wärmeſtrahlen in größerer oder kleinerer Quantität zurück. Polirte Oberflächen, beſonders von metalliſchen Körpern, werfen ſie am ſtärkſten zurück. Man hat gefunden, daß der Einfallswinkel dem Reflexions- oder Zurückwerfungswinkel gleich iſt, oder mit anderen Worten: der Winkel, welchen die auf irgend

einen Punkt einer gegebenen Oberfläche fallenden Wärmeſtrahlen mit der ſenkrechten Linie auf die Oberfläche bey dieſem Punkte machen, iſt dem Winkel gleich, den die nemlichen Strahlen nach ihrer Zurückwerfung mit eben dieſer Perpendiculare oder ſenkrechten Linie machen *). So geht zum Beyſpiele, die von dem warmen Körper A, Fig. 16. Taf. XVIII. ausſtrahlende Wärme durch das Loch bey G und ſtößt bey B auf die reflektirende oder zurückwerfende Oberfläche E F, wird von ihr in der Richtung B C zurückgeworfen und bildet mit der ſenkrechten B D, den Einfallswinkel GBD, welcher dem Reflexionswinkel D B C gleich iſt, und in der That wird auch die zurückgeworfene Wärme, auf das in der Richtung B C irgendwo angebrachte Thermometer wirken.

Daraus folgt denn auch, daß wenn die zurůkwerfende Oberfläche nicht gleichförmig, das heiſt nicht eben, ſondern rauh und uneben iſt, die Wärme nach mehreren Richtungen zerſtreut werden muß. Iſt die Oberfläche eben und glatt, ſo iſt der Strohm der reflectirten Wärme, dem einfallenden Strohme gleich; iſt die Oberfläche konvex oder erhaben, ſo wird die Wärme divergirend oder auseinanderlaufend zurückgeworfen; und iſt endlich die Oberfläche konkav oder hohl, ſo wird die Wärme konvergirend oder zuſammenlaufend, daß heißt gegen einen engen Raum, welcher Fokus oder Brennpunkt genannt wird, zurückgeworfen, hinter welchem dann die Wärmeſtrahlen, die ſich nun durchkreuzt haben, divergirend fortgehen. So wird zum Beyſpiele Fig. 18. Taf. XVIII., die von dem Körper A ausſtröhmende und auf

*) Oder noch deutlicher: Wenn ein Wärmeſtrahl von einer Fläche zurückgeworfen wird, ſo machen der einfallende und der zurückgeworfene Strahl mit der Fläche ſelbſt gleiche Winkel.

der Ueberſetzer.

die konkave zurückwerfende Oberfläche B C fallende Wärme, gegen E F zurückgeworfen werden, das heiſt: die Strahlen, welche auf den Theil, welcher näher bey B iſt, fallen, werden in der Richtung B F und diejenigen, welche auf den Theil fallen, der näher bey C iſt, werden in der Richtung C E zurückgeworfen werden, ſo daß alle Strahlen der zurückgeworfenen Wärme durch einen kleinen Raum oder Fokus bey D gehen, ſich hier durchkreuzen und dann divergirend gegen E F fortgehen werden. Es iſt wohl kaum nöthig zu bemerken, daß das Thermometer ſtärker angegriffen werden wird, wenn es bey D, als wenn es an irgend einem anderen Theile des doppelten Kegels B C D E F angebracht iſt. Daß jene Wärmeſtralen aber ſich bey D einander wirklich durchkreuzen, kann leicht bewieſen werden, denn wenn man mit einem Schirme G den oberen Theil der einfallenden Wärmeſtrahlen auffängt, ſo wird das Thermometer blos von der in der Richtung C E zurückgeworfenen Wärme angegriffen werden und fängt man dagegen den unteren Theil der einfallenden Strahlen vermittelſt des Schirmes H auf, ſo wird das Thermometer blos von der in der Richtung B F zurückgeworfenen Wärme angegriffen werden.

Die Eigenſchaft welche verſchiedene Körper beſitzen, Wärme entweder aufzufangen oder zu abſorbiren, hängt von der Farbe des Körpers, von ſeiner Capacität für die Wärme, von ſeiner leitenden Kraft und von der Glätte oder Rauchheit ſeiner Oberfläche ab.

Körper von den dunkelſten Farben haben überhaupt die gröſste Capacität für den Wärmeſtoff und rauche Oberflächen abſorbiren die meiſte Wärme. Wenn von den Kugeln mehrerer Thermometer jede mit einer verſchiedenen Farbe gefärbt iſt und ſie einem Feuer oder

der Sonne oder einem brennenden Lichte ausgeſetzt werden, ſo werden ſie ungleich davon angegriffen werden *).

Wenn Waſſer- und Queckſilber-Quantitäten von gleichem Gewichte, wenn alles übrige gleich iſt, vor ein Feuer geſtellt werden, ſo wird das Waſſer mehr Wärme einſchlucken als das Queckſilber; daher wird auch die Temperatur deſſelben langſamer erhöht werden, als die des Queckſilbers **).

Auch der Durchgang der Wärme durch Körper iſt mit merkwürdigen Erſcheinungen verbunden.

Es ſcheint überhaupt daß die Wärmeſtrahlen, wenn ſie aus einem dünneren in ein dickeres Medium in ſchiefer Richtung gehen, gegen die Perpendiculare auf die ſie auffangende Oberfläche gebogen werden und daß ſie dagegen von dieſer Perpendiculare abgebogen werden, wenn ſie aus einem dichteren Medium in ein dünneres gehen. Dieſe Beugung, welche die Wärmeſtrahlen bey ihrem Durchgange erfahren, wird Refraction oder Strahlenbrechung genannt. Wenn alſo, zum Beyſpiele, ein Wärmeſtrahl, der von einem Körper A Fig. 19 Taf. XVIII. ausgeht, auf die Oberfläche C D, eines Stück Glaſes C E D F fällt, ſo wird er in der Richtung B G gebogen werden, und wenn er wieder aus dem Glaſe G in die Luft geht, ſo wird er in der Richtung G I gebogen werden. Daraus folgt, daß, je nachdem die Geſtalt des brechenden Körpers beſchaffen iſt, der Wärmeſtrohm entweder unregelmäßig, oder in einer Richtung, die mit ſeiner Einfallsrichtung paralell iſt, oder in einer divergirenden Richtung oder endlich auch in einer konvergirenden kann gebrochen werden. Im letzteren Falle wird der kleinſte Raum auf welchem die gebrochenen Strahlen geſammelt werden und

*) S. die philoſophiſchen Transactionen. Band 70. den letzten Artikel.

**) Man ſehe Martine's Verſuch über das Erwärmen und Erkälten von Körpern.

jenſeits welches ſie divergirend fortgehen, der Strahlenpunkt oder der Fokus oder der Brennpunkt der gebrochenen Wärme genannt, und wird ein Thermometer bey dieſer Stelle angebracht, ſo wird es an derſelben ſtärker angegriffen werden, als an jeder anderen Stelle des gebrochenen Strohmes.

Wird das Thermometer außerhalb des zurückgeworfenen Strohmes, aber ſehr nahe an dem Fokus entweder der zurückgeworfenen, oder der gebrochenen Strahlen angebracht, ſo wird dadurch die Temperatur deſſelben nicht erhöht werden, denn die Wärmeſtrahlen weichen, ſo lange ſie kein Hinderniß antreffen, nicht von ihrer Richtung ab. Wird aber ein Stück Holz oder Metall oder, mit einem Worte, von irgend einer unregelmäßigen Subſtanz, das im Stande iſt, den Durchgang der Wärme zu hemmen, in den Fokus gebracht, ſo wird das Thermometer von der Nachbarſchaft dieſes Fokus angegriffeu werden, denn in dieſem Falle werden die Wärmeſtrahlen zurückgeworfen und umher geſtreut. Daher wird auch reines Waſſer, das an dieſen Fokus geſetzt wird, entweder gar nicht oder doch um ein ſehr großes Theil ſchwächer erwärmt als ein dunkler Körper *).

Die Lichtſtrahlen werden ebenfalls gebrocheh, wenn ſie durch durchſichtige Körper gehen. Aber Herſchel hat es einleuchtend bewieſen, daß die Wärmeſtrahlen anders gebrochen werden, als die Lichtſtrahlen, ſo daß ſie, ob ſie gleich oft zuſammen von einem Körper, zum Beyſpiele, von der Sonne oder von einem gemeinen Feuer

*) Der Leſer laſſe es ſich nicht befremden, daß ich in dieſem Kapitel der zurückwerfenden und brechenden Eigenſchaften verſchieden geſtalteter Körper, dergleichen konkave und konvexe Reflectoren, Linſengläſer, Prismen u. dgl. ſind, nur flüchtig erwähne; ich verweiſe ihn deshalb auf den nächſten Abſchnitt, der von dem Lichte handelt, in welchem ſie beſonders werden beſchrieben werden.

ausgehen, doch zwey verſchiedene Potenzen zu ſeyn ſcheinen.

Wenn die Sonnenſtrahlen, wie Fig. 15 Taf. XVIII. A B, die durch ein Loch A in ein dunkles Zimmer fallen, auf einem dreyeckigten gläſernen Prisma C aufgefangen werden, ſo wird dieſer Strohm, der aus Wärme- und Licht-Strahlen zugleich beſteht, nicht nur durch das Prisma gebogen, ſondern auch in die längliche Figur D F, welche ohngefähr eben ſo breit als das Loch bey A und nach Maaßgabe der Entfernung von dem Prisma, länger oder kürzer iſt, zerſtreut werden, denn er kann auf einer, in einiger Entfernung von dem Prisma angebrachten Tafel oder einem Schirme aufgefangen werden. Dieſe längliche Figur beſteht aus Licht und Wärme, welche folgender Geſtalt vertheilt oder geordnet ſind. Von D bis zu E beſteht die Figur aus den leuchtenden Strahlen, welche die lebhaften Farben des Regenbogens darſtellen, wobei die violette Farbe D und die rothe E am nächſten iſt. Die Strahlen welche die Wärme hervorbringen, dehnen ſich von D bis zu F aus, wobei ſich D F zu D E wie 21 zu 12 verhält. Dieſe Wärmeſtrahlen kann man nicht ſehen, aber das Thermometer beweiſt das Daſeyn derſelben, indem es, wenn es an irgend einer Stelle des Raums D F angebracht wird, von der Wärme angegriffen wird; es wird jedoch nicht an jeder Stelle jener länglichen Figur gleich ſtark angegriffen. Die größte Wärme iſt bey g, nemlich ein wenig über dem rothen Lichte hinaus, wo gar kein Licht mehr iſt. Von dieſem Punkte ab nimmt die Wärme auf beyden Seiten hin, ab. Daraus erſieht man alſo, daß die Wärmeſtrahlen durch ihre Brechbarkeit weit mehr ausgebreitet werden, als die Lichtſtrahlen, indem man Wärme mit dem Lichte verbunden, nicht nur von D bis zu E,

ſondern auch von E bis zu F findet, wo ſchlechterdings kein Licht mehr zu entdecken iſt *).

Dieſe Brechbarkeit der Wärmeſtrahlen iſt auch die Urſache davon, daß ſie, wenn ſie auf einem konvexen Linſenglaſe aufgefangen werden, in einen engen Raum oder Fokus, oder Brennpunkt, in einer gewiſſen Entfernung von dem Linſenglaſe können geſammlet werden. Dieſer Fokus hat alle Eigenſchaften des Fokus zurückgeworfener Wärmeſtrahlen, die ich weiter oben kurz angegeben habe. Unter ähnlichen Umſtänden werden auch die Lichtſtrahlen in einen Fokus geſammelt, aber wegen des Unterſchiedes zwiſchen der mittleren Brechbarkeit der Lichtſtrahlen und der der Wärmeſtrahlen, iſt der Wärmefokus ein wenig weiter von der Oberfläche des Linſenglaſes entfernt als der Lichtfokus oder Brennpunkt *).

Durch einen ſolchen Fokus zurückgeworfener oder gebrochener Wärme, werden die ſtärkſten Wirkungen hervorgebracht. Die Brennkraft konvexer Linſengläſer und konkaver Spiegel iſt ſo allgemein bekannt, daß man ſie gewöhnlich Brenngläſer nennt. Durch ein doppeltes konvexes Linſenglas, das nicht mehr als einen Zoll im Durchmeſſer hat, können die Sonnenſtrahlen dermaßen geſammlet werden, daß ſie Zunder, Papier, Schießpulver, Holz u. ſ. w. anzünden können; durch große Linſengläſer und große Hohlſpiegel aber, können, wenn die Sonnenſtrahlen nicht gehindert werden, die härteſten Metalle geſchwind geſchmolzen werden.

Je kürzer die Entfernung von dem Fokus oder Brennpunkte eines Linſenglaſes oder eines Spiegels von der Oberfläche deſſelben iſt, deſto wirkſamer iſt, wenn alles übrige gleich iſt, die Potenz oder Kraft deſſelben. Man hat ſeit vierzig oder funfzig Jahren Spiegel verfertigt, die einen ſo langen Fokus haben, daß man da-

*) Man ſehe Herſchels Abhandlung in den philoſophiſchen Transactionen für 1800 Th. III. S. 438.

mit brennbare Körper, in einer Entfernung von mehr als zwey hundert Fuß anzünden kann,*) daß ſie aber in viel größeren Entfernungen oder Brennweiten gewirkt hätten, davon finden ſich in der Geſchichte derſelben wenig Nachrichten **).

Die ſtärkſten Brenngläſer ſind in Frankreich und England gemacht worden. Trudaine's eines Franzoſen, Linſenglas hatte vier Fuß im Durchmeſſer. Wenn der Fokus deſſelben, durch Einſetzung einer kleineren Linſe verkürzt würde, ſo war die Wirkung außerordentlich groß. In ohngefähr einer Minute, ſchmelzte es nicht nur alle Arten metalliſcher Subſtanzen, ſondern es verglaſte auch irdene Geſchirre, Schiefer, Bimsſtein, vegetabiliſche Aſche u. ſ. w. ja es ſchmelzte ſelbſt Pech und andere harzigte Körper im Waſſer.

Parkers in London Linſenglas, deſſen Verfertigung ihm viel Mühe, Zeit und Koſten verurſachte und das jetzt nicht mehr in England iſt, war ein außerordentliches Inſtrument ſeiner Art. Es beſtand aus einer doppelten konvexen Linſe von Flintglas, welche drey Fuß im Durchmeſſer hatte, in der Mitte drey Zoll dick war

*) Büffon ſetzte einen Zündreflector oder Brennſpiegel zuſammen, der aus 168 kleinen ebenen oder flachen Reflectoren beſteht, die er in die Höhlung eines hölzernen Kugelſegments ſo einſetzte, daß ſie alle das Sonnenlicht und die Sonnenwärme auf eine und dieſelbe Stelle reflectiren mußten. Mit dieſem Inſtrumente konnte er Holz in einer Entfernung von 209 Fuß anzünden. Man hat auch Brenngläſer von zwey muſchelförmigen Gläſern, die den Uhrgläſern ähnlich waren, gemacht, indem man ſie mit ihren Rändern zuſammenkittete, ſie mit Waſſer oder Weingeiſt füllte und ihnen eine ſchickliche Einfaſſung gab. Kugelförmige oder faſt kugelförmige, mit Waſſer angefüllte Flaſchen wirken bekanntlich, wenn ſie der Sonne ausgeſetzt werden, wie Brenngläſer.

**) Man ſehe hierüber Prieſtley's Geſchichte des Geſichts, des Lichtes und der Farben. (Von Klüpfel unter dem Titel: Optik, überſetzt und mit Anmerkungen verſehen.)

und 212 Pfund wog. Wenn ſie in ihren Rahmen ein⸗geſetzt wurde, ſo gab ſie eine helle Oberfläche von 32½ Zoll im Durchmeſſer. Ihre Brennweite war 6 Fuß und 8 Zoll. Wenn aber Verſuche damit angeſtellt wurden, wurde der Brennpunkt gewöhnlich durch Einſetzung ei⸗ner zweyten, viel kleineren Linſe verkürzt

So lange dieſes außerordentliche Brennglas in Lon⸗don war, wurden von mehreren Sachverſtändigen eine große Menge Verſuche damit gemacht, von denen die wichtigſten die folgende Tabelle enthält.

Subſtanzen, welche mit Parkers Linſenglas geſchmelzt worden, mit Angabe ihres Gewichts und der Zeit, in welcher ſie geſchmolzen wurden.

	Gewicht in Granen.	Zeit in Sekund.
Reines Gold	20	4
Reines Silber	20	3
Reines Kupfer	33	20
Reine Platina	10	3
Nickel	16	3
Stangeneiſen, ein Kubus	10	12
Gußeiſen, ein Kubus	10	3
Stahl, ein Kubus	10	12
Schlacken von verarbeitetem Eiſen	12	2
Cauk oder Schwererde	10	7
Ein Topas oder Chryſolit	3	45
Ein orientaliſcher Smaragd	2	25
Kryſtallkieſel	7	6
Weißer Agat	10	30
Orientaliſcher Kieſel	10	30
Ungeſchliffener Carniol	10	75
Jaspis	10	25
Onyx	10	20
Granat	10	17

Wei⸗

	Gewicht in Granen	Zeit in Secund.
Weißer rhomboidaliſcher Spath	10	60
Zeoliten	10	23
Zerfallener Stein	10	80
Gemeiner Schiefer	10	2
Asbeſt	10	10
Gemeiner Kalkſtein	10	55
Bimsſtein	10	24
Lava	10	7
Vulkaniſcher Thon	10	60
Hornartiger Mohrſtein (Sumpferz)	10	60

Die nun zu beſchreibenden Verſuche, werden es überzeugend beweiſen, daß die Zurückwerfung von Wärme ganz unabhängig von dem Lichte oder doch mit keiner großen Quantität deſſelben vergeſellſchaftet iſt.

A B und C D, Fig. 17 Taf. XVIII ſind zwey konkave Reflectoren von Metall, die gegen 10 oder mehr Zoll im Durchmeſſer haben und einander in einer Entfernung von ohngefähr 15 Fuß entgegengeſtellt ſind. Man nehme an, der Fokus oder Brennpunkt von A B ſey bey E, 18 Zoll von ſeiner Oberfläche entfernt und der Fokus von C D bey F ebenfalls in einer Entfernung von 18 Zoll von ſeiner Oberfläche; der Beobachter habe die Freyheit die Spiegel einander genau gegenüber zu ſtellen, welches Geſchäfte er ſich dadurch erleichtern kann, daß er in den Fokus oder Brennpunkt des einen ein brennendes Licht bringt und den anderen ſo lange richtet, bis er durch eine Probe, nemlich durch Auffangen des zurückgeworfenen Bildes des Lichtes auf einem Stück Papier, findet, daß dieſes zurückgeworfene Bild des Lichtes in den Fokus dieſes anderen Spiegels genau

in der Richtung des Fokus und Mittelpunktes des erſte-
ren Spiegels fällt *).

Legt man dann ein faſt rothglühendes Stück Eiſen auf E, das heißt in den Fokus des Spiegels A B, ſo wird der Theil, der von dem Eiſen ausſtröhmenden Wärme, welcher auf die Oberfläche A B fällt, von derſelben in einer parallelen Richtung nach C D zurückgeworfen, von der er dann wieder konvergirend nach dem Fokus F zurückgeworfen wird, wodurch denn, wenn die Kugel eines Thermometers bey F angebracht wird, die Temperatur deſſelben erhöht werden wird. Legt man auf einen der Spiegel einen Bogen Papier oder einen anderen Schirm, ſo fällt das Thermometer bis zu ſeiner gewöhnlichen Temperatur. Entfernt man das Papier, ſo wird das Thermometer wieder ſteigen.

Legt man, ſtatt des aufgeſtellten Thermometers, eine kleine Quantität Schießpulver auf einem Stück Papier oder auf einem ſchicklichen Geſtelle bey dem Fokus F und bey dem anderen Fokus ſtatt des Eiſens eine glühende Kohle und macht dieſe mit Hülfe eines Blasbalgs lebhaft rothglühend, ſo wird das Schießpulver bey F durch die zurückgeworfene Wärme entzündet werden.

Bringt man, ſtatt der Kohle und des Schießpulvers ein Thermometer bey F und ein Stück Eis bey E an, ſo wird dadurch die Temperatur des Thermometers erniedriget werden. Bedeckt man die Oberfläche eines der Reflectoren, ſo wird das Thermometer ſteigen, ent-

*) Ich habe die Dimenſionen der Brennſpiegel, die Entfernung u. ſ. w. in der Abſicht ſo beſtimmt angegeben, daß man ſehe worauf es hauptſächlich ankömmt. Es iſt aber wohl kaum nöthig zu ſagen, daß je nachdem die Spiegel kleiner oder größer ſind, oder näher oder entfernter von einander ſtehen, auch die Wirkung verhältnißmäßig mehr oder weniger ins Auge fallend ſeyn müſſe. Es iſt nicht nothwendig, daß die Spiegel gleiche Oberflächen oder gleiche Brennweiten haben. Spiegel von verſilbertem Meſſing oder verſilbertem Kupfer wirken ſehr gut.

blößt man ihn wieder, ſo wird es wieder fallen u. ſ. w.

Man hat geglaubt, daß das Reſultat dieſes letzteren Verſuches gegen die allgemein angenommene, in dem vorhergehenden erklärte Theorie von der Wärme ſtreite, weil man ſich einbildete, daß die von dem Eiſe ausgehende Kälte von den Spiegeln auf das Thermometer zurückgeworfen werde und folglich Kälte etwas poſitives ſey. Allein, nach meiner Meynung liegt die wahre Urſache der Erſcheinung darinn, daß die Wärme des Thermometers auf das Eis auf die nemliche Art zurückgeworfen wird, wie bey dem vorhergehenden Verſuche die Wärme der Kohle auf das Schießpulver.

Wenn ſtatt des Thermometers eine glühende Kohle bey F angebracht wird, ſo wird jeder ohne alles Bedenken ſagen, daß die Wärme der Kohle auf das Eis zurückgeworfen werde, es läßt ſich aber kein vernünftiger Grund denken, warum dies nicht auch geſchehen ſollte, wenn das Thermometer bey F iſt.

Wird ein warmer Körper unter andere Körper gebracht, ſo geht die Wärme von ihm auf dieſe über, bis ſie alle einerley Temperatur erlangt haben und dieſer Uebergang geſchieht in eben dem Verhältniſſe geſchwinder, in welchem der Unterſchied der Temperatur größer iſt. Auch wird, wenn die kalten Körper nicht einerley Temperatur haben, die Wärme des vorerwähnten Körpers ſchneller von der Seite deſſelben entweichen, die den kälteſten von den ihn umgebenden Körpern entgegengeſetzt iſt, und wird zwiſchen dieſe beyden Körper ein Schirm geſtellt, ſo wird der Verluſt der Kälte langſamer erfolgen. Bey dem geringſten Nachdenken aber leuchtet es ein, daß der Verſuch mit dem Thermometer und dem Eiſe, dieſem ähnlich iſt, nur mit dem Unterſchiede, daß die Wärme oder der Wärmeſtoff, anſtatt von dem erſteren zu dem letzteren gerade fort zu gehen, von den Reflectoren zurückgeworfen und konzentrirt wird.

Die künſtliche Erzeugung von Kälte iſt keinesweges ſo leicht als die Hervorbringung von Wärme; man muß indeſſen auch zugleich bekennen, daß jene nicht ſo weſentlich nothwendig iſt als dieſe.

Die bekannten Methoden zur Hervorbringung von Kälte und deren man ſich auch am häufigſten da bedient, wo die Wärme des Klimas oder Gewohnheiten des Lebens ihr einen Werth geben, ſind folgende: 1, durch Ventiliren, oder durch Luftzug; 2, durch Benutzung der natürlichen Temperatur von Kellern, Brunnen und dergleichen, wenn dieſe Temperatur unter der Temperatur der äußeren Luft iſt; 3, durch Verdampfung; 4, durch den Gebrauch des Eiſes, wo man es haben kann und 5, durch die Solution gewiſſer Salze.

Es giebt indeſſen auch noch eine andere Operation, durch welche Kälte hervorgebracht werden kann, die aber im gemeinen Leben wegen der mit ihrer Bewerkſtelligung verknüpften Schwierigkeit nicht anwendbar iſt. Sie beſteht nemlich in der Ausdehnung zuſammengedrückter Luft.

I.

Die Wirkungen des Ventilirens, (welches entweder vermittelſt einer zweckmäßigen Einrichtung von Thüren, Gängen, Oeffnungen u. d. gl. oder durch Fächer, Bälge und Ventilatoren bewirkt wird), ſind ſo allgemein bekannt, daß es nicht nöthig iſt viel darüber zu ſagen. Durch das Ventiliren wird die erhitzte Luft, welche lebendige Körper umgiebt, von ihnen entfernt und die merkliche oder unmerkliche Ausdünſtung wird nachdrücklicher zerſtreut; daher werden auf lebendigen Körpern einige wenige Grade von Kälte hervorgebracht, wenn ihre Temperatur höher iſt, als die wirkliche Temperatur der Luft; auf ein Thermometer aber, oder auf einen Körper, der mit

der ihn umgebenden Luft einerley Temperatur hat, hat bloßes Ventiliren keine Wirkung.

II.

In den meiſten warmen Ländern werden Früchte, Weine u. d. gl. m. gewöhnlich dadurch abgekühlt, daß man ſie eine Zeitlang in tiefen Kellern, Gruben und Brunnen aufbewahrt, oder ſie in Waſſer legt, das man friſch aus tiefen Brunnen geſchöpft hat. Allein dieſe Methode bewirkt nur eine ſehr mäßige Abkühlung, weil, wie bereits erinnert worden, die Temperatur ſolcher Brunnen, Keller u. ſ. w. nicht ſehr von der mittleren Temperatur des Landes verſchieden iſt. Indeſſen bleibt es doch wahr, daß auf dieſe Art abgekühlte Früchte und Weine im Sommer ſehr angenehm ſind. In warmen Ländern aber gewähren Keller und tiefe Brunnen einen noch viel weſentlicheren Vortheil; in ihnen kann man nemlich Speiſen, Fiſche, Butter und andere Sachen beträchtlich länger vor dem Verderben bewahren, als in der freyen Luft über der Erde.

III.

Das Abkühlen durch Verdampfung oder Evaporiren ſteht mit der Geſchwindigkeit, mit welcher die Abdampfung bewirkt wird, in Verhältniß. Die größte Abkühlung bringen alſo ſolche Flüſſigkeiten hervor, die am geſchwindeſten verdampfen, und alles was die Verdunſtung befördert, als Ventiliren, ein trockner Zuſtand der Luft u. ſ. w. bringt auch eine größere Abkühlung hervor.

In heißen Ländern werden die Zimmer der Reichen oft dadurch angenehm abgekühlt und erfriſcht, daß man den Fußboden, die Dächer der Häuſer und beſonders

die Vorhänge der Fenſter und Thüren mit Waſſer beſprengt und dies ſo oft wiederholt als es verdunſtet iſt.

In Lagern, auf Reiſen in heißen Ländern oder da, wo man keine andere Art der Abkühlung haben kann, pflegt man Flaſchen und Krüge, welche Getränke enthalten, in zwey- oder dreyfach über einander geſchlagene angefeuchtete Leinwand zu wickeln, und ſie ſo der freyen Luft auszuſetzen, und die Leinwand in eben der Maaße immer wieder naß zu machen, in welcher das Waſſer verdunſtet. Dadurch wird die in den Flaſchen enthaltene Flüſſigkeit um einige Grade abgekühlt.

Allein die Kälte, die man durch Verdunſtung von Waſſer hervorbringen kann, iſt nicht ſo groß als diejenige, die die Verdunſtung des Weingeiſtes giebt und dieſe iſt noch viel geringer als diejenige, die man durch Verdunſtung von Aether bekömmt, da ſich der Aether ſo ſehr leicht verdunſten läßt, daß er, wenn nicht der gewöhnliche Druck der Atmoſphäre auch auf ihn wirkte, blos in luftförmiger Geſtalt exiſtiren würde, wie dies wirklich der Fall iſt, wenn er in den luftleeren Rezipienten einer Luftpumpe gebracht wird.

Um den Grad, der durch die Verdunſtung mehrerer Flüſſigkeiten bewirkten Kälte zu erfahren, hielt ich ein Thermometer, deſſen Kugel nicht in Berührung mit dem Metalle der Skale war, gerade aufwärts und goß über die Kugel deſſelben einen Strohm von einer Flüſſigkeit aus einer Haarröhrigen-Oeffnung einer Röhre her, und zwar ſo, daß immer gerade ſo viel von der Flüſſigkeit darauf fiel als erforderlich war, das zu erſetzen, was verdunſtete. Dadurch fand ich, daß, wenn die Temperatur der Luft 64° war, die Waſſerverdunſtung das Thermometer um 8° abkühlte, oder daſſelbe bis auf 56° fallen machte. Die Verdunſtung von Weingeiſt kühlte es 16° ab, machte es alſo auf 48° fallen und die Verdunſtung von Aether kühlte es 54° ab und brachte es alſo

bis zu 10° herab. Durch die Anwendung des höchſt gereinigten Schwefeläthers aber, fiel das Thermometer, wenn die Temperatur der Luft ohngefähr 56° war, bis zu 30° herab *).

Vor einigen Jahren habe ich einen ſehr kleinen Apparat, um eine kleine Waſſerquantität, von ohngefähr 10 Grad, in jeder Art von Klima, zum Gefrieren zu bringen, erfunden, welcher in einer $4\frac{1}{2}$ Zoll langen, 2 Zoll breiten und $1\frac{1}{2}$ Zoll tiefen Büchſe enthalten iſt. Dieſer Apparat, ſo wie die Art ihn zu brauchen, iſt Fig. 20 Taf. XVIII. vorgeſtellt. E F G iſt eine mit Aether angefüllte gewöhnliche Flaſche mit einem gläſernen Stöpſel; E D iſt eine Glasröhre mit einer Haarröhrigen-Oeffnung bey D, um deren anderes Ende etwas Draht gewunden iſt, um in den Hals der Flaſche zu paſſen, wenn der Verſuch ſoll gemacht werden. A B iſt eine Glasröhre, die ohngefähr vier Zoll lang iſt, ohngefähr ein Fünftel eines Zolles im Durchmeſſer hat, und bey B hermetiſch verſchloſſen iſt. In dieſe Röhre wird ein dünner Draht geſteckt, deſſen unteres Ende ſpiralförmig gewunden iſt und der dazu dient, das Eis, wenn es gebildet worden, heraus zu ziehen. Wenn nemlich in dieſe Röhre ein wenig Waſſer C B geſchüttet worden, halte ich ſie mit den Fingern der linken Hand bey ihrem oberen Theile und drehe ſie erſt vor- und dann rückwärts beſtändig ſanft um ihre Achſe herum, indeß ich mit der andern Hand die Aetherflaſche ſo gegen ſie richte, daß der aus der Haarröhrigen-Oeffnung D kommende Aetherſtrohm auf die äußere Seite der

*) Es würde überflüſſig ſeyn des Grades der durch die Verdunſtung anderer Flüſſigkeiten bewirkten Abkühlung zu erwähnen, da die Wirkung derſelben ſich gewöhnlich zwiſchen der Wirkung von Waſſer und Weingeiſt hält. Man ſehe meine Abhandlung in den philoſophiſchen Transactionen B. 71. S. 511.

Röhre ein wenig über der Oberfläche des darinn befindlichen Waſſers ſtröhmt. Dieſer Aetherſtrohm muß von der Art ſeyn, daß dann und wann, etwa alle zehn Sekunden, ein Aethertropfe von dem unteren Theile des Thermometers herabfallen kann. Wird nun dieſe Operation zwey oder drey Minuten lang fortgeſetzt, ſo wird das Waſſer C B gefroren ſeyn und in einem einzigen feſten Klumpen aus der Röhre gezogen werden können. Iſt dies geſchehen, ſo wird die Oeffnung der Flaſche wieder aufwärts gerichtet, die kurze Röhre E D herausgenommen und an deren Stelle der Stöpſel eingedrückt und der übrige Aether zu andern Verſuchen aufbewahrt.

Wenn Aether mit einem Thermometer in einem offenen Gefäße unter den Rezipienten einer Luftpumpe geſetzt und der Rezipient ausgepumpt wird, ſo wird dadurch ein ſehr großer Grad von Kälte hervorgebracht. Eine Miſchung von Schwefeläther und Salzäther erzeugt, nach der Auspumpung einen Kältegrad, der ſtark genug iſt das Queckſilber gefrieren zu machen.

IV.

Das Belegen der mit Flüſſigkeiten oder anderen Subſtanzen angefüllten Gefäße mit Eis iſt eine ſehr leichte Methode, Kälte zu bewirken. Allein nicht in allen Ländern kann man Eis haben, und wenn es zu haben iſt, nemlich im Winter, ſo muß es für den Sommer aufbewahrt werden, wo dann das meiſte davon zerſchmilzt.

Feſt zuſammengedrücktes aufgeſchüttetes Eis, oder auch ſolcher Schnee, wird in Behältern oder Eishäuſern, Eisgruben aufbewahrt, die gewöhnlich unter der Erde und an Plätzen befindlich ſind, wo ſie bedeckt und gegen Wärme geſchützt ſind, in welchen dann das Eis nur ſehr langſam ſchmilzt. In

England kann man in einem Eishauſe von zwanzig Fuß im Durchmeſſer und von ohngefähr 20 Fuß Tiefe, wenn es gehörig mit Eis angefüllt worden, noch nach zwey Jahren einiges davon finden.

Eine ſehr merkwürdige Art Eis zu bereiten, iſt die, deren man ſich in Oſtindien zu Allahabad, Mootegil und Calcutta, welche Orte zwiſchen dem 23°½ und dem 25°½ nördlicher Breite liegen, bedient. Ich gebe hier meinen Leſern einen kurzen Auszug von der weitläuftigeren Beſchreibung des dabey gewöhnlichen Verfahrens, die in dem 65ſten Bande der philoſophiſchen Transactionen enthalten und von Robert Barker mitgetheilt worden iſt.

In flache und poröſe Pfannen, die in nicht tiefe Gruben (pits), deren Boden mit Zuckerrohr oder getrockneten Kornſtengeln beſtreut worden, und die gegen Abend zu liegen, geſetzt werden, wird kochendes weiches Waſſer geſchüttet. Während der Nacht und beſonders gegen Morgen ſetzt ſich in den Pfannen eine Eisrinde an, die von den Eisbereitern hinweggenommen wird. Dieſe Eisrinde iſt dicker oder dünner, je nachdem die Temperatur der Luft beſchaffen iſt, oder andere Umſtände der Verdunſtung günſtig ſind oder nicht. Denn die Eiserzeugung iſt unſtreitig einem großen Theile nach, der Verdunſtung durch die Poren der Pfannen zuzuſchreiben, da in jenen Ländern, allen Beobachtungen zu Folge, das Thermometer nie bis auf 32° fällt.

Eis für ſich allein genommen kann keinen größeren Grad von Kälte mittheilen, als es ſelbſt beſitzt. Man kann aber durch Beymiſchung von gemeinem und anderen Salzen oder Säuren machen, daß es einen viel größeren Grad der Kälte hervorbringt.

Das Verhältniß, in welchem gemeines Salz und geſtoßenes Eis oder Schnee mit einander müſſen vermiſcht werden, um den höchſten Grad der Kälte hervor-

zubringen, wird verſchieden angegeben; die leichteſte Miſchung aber beſteht aus drey Theilen gemeinem Salz und acht Theilen Eis, oder einem Theile Salz und zwey Theilen Eis, nach dem Gewicht beſtimmt, und iſt ſtark genug das Thermometer auf — 4° fallen zu machen.

Folgende Tabelle giebt die Grade an bis zu welchen das Thermometer durch eine Miſchung von Eis und anderen Subſtanzen, die vor der Miſchung eine Temperatur von 32° hatten, gefallen iſt.

Schnee oder geſtoßenes Eis	und ſalpetrigte Säure *)	— 27°
	und Salzſäure *)	— 21°
	6 Theile und vier Theile verdünnte Schwefelſäure, alſo gleiche Theile von Waſſer und Säure	— 3°
	24 Theile, gemeines Salz 10, Ammoniakſalz 5 und Salpeter 5 Theile	— 18°
	12 Theile, ſalpetrigtes Ammoniak 5, u. gemeines Salz 5 Theile	— 25°
	2 Theile, und ſalzſaure Kalkerde 3 Theile	— 50°

V.

Sehr groß iſt der Grad von Kälte, der durch bloſſe Salzſolution kann hervorgebracht werden, ſo daß man kein anderes Mittel kennt, das eine ſtärkere Kälte hervorbringen könnte. Wie weit aber ſich die Wirkſamkeit

*) Die Quantität dieſer Säuren kann nicht mit Genauigkeit beſtimmt werden, weil ſie in Anſehung der Stärke ſo ſehr verſchieden ſind. Ueberhaupt kann man ſich ohngefähr gleicher Quantitäten von verdünnter Säure und von Eis dazu bedienen. Wenn die Säure ſehr ſtark iſt, ſo kann ſie mit ſo viel Regenwaſſer oder deſtilirtem Waſſer verdünnt werden als die Hälfte ihres Gewichtes beträgt.

derſelben eigentlich erſtrecke? Dieſe Kenntniß verdanken wir dem verdienten Richard Walker, Apotheker in Oxford. Denn was man vor ihm von der Sache wußte, war blos: daß eine Salpeterſolution in Waſſer einen Grad von Kälte hervorbringt, der in heißen Ländern ſehr nützlich iſt, daher dieſe Solution in dieſer Abſicht lang in Gebrauch geweſen iſt, und es noch in Oſtindien iſt; auch wußte man noch, daß eine Ammoniakſalzſolution eine Kälte bewirket, die ſtark genug iſt das Thermometer bis auf 32° fallen zu machen, ſo wie es auch bekannt war, daß einige andere Salze nur ſehr wenige Grade der Kälte hervorbringen. Walker hingegen entdeckte ſolche Salzſolutionen und lehrte ſie ſo anwenden, daß man mit ihnen das Queckſilber ſelbſt mitten im Sommer zum Gefrieren bringen kann *)

Die dazu erforderliche Salzſolution bekömmt man dadurch, daß man die gehörige Quantität von Salz und Waſſer in ein offenes Gefäß ſchüttet, in deſſen Mitte ſodann das Gefäß mit dem Weine, dem Rahme, oder anderen Subſtanzen, welche abgekühlt werden ſollen, geſtellt wird. Die Kälte wird nur ſo lange erzeugt, als die Auflöſung des Salzes dauert; der Wärmeſtoff der anliegenden Körper nemlich, wird von der ſalzigten Subſtanz eingeſchluckt, deren Capacität für denſelben dadurch vermehrt wird, daß ſie aus einem feſten Zuſtande in einen flüſſigen übergeht.

Die hervorgebrachte Kälte iſt deſto größer, je niedriger die Temperatur der Materialien vor der Bereitung der Miſchung war.

*) Man ſehe deſſen Abhandlungen in den philoſ. Transaction. für 1787, 1788, 1789, 1795, und 1801. Oder ſeine Nachricht von den merkwürdigen Entdeckungen in Anſehung der Erzeugung künſtlicher Kälte. Oxford 1796 (auch Gehlers phyſicaliſches Wörterbuch Theil 5. S. 474 ff).

Wenn daher ein ſehr hoher Grad der Kälte, zum Beyſpiele ein ſolcher, bey dem das Queckſilber gefriert, ſoll hervorgebracht werden, ſo müſſen zuerſt die zu einer zweyten Miſchung nöthigen Materialien in einer Solution von in Waſſer aufgelöſtem Salz kalt gemacht werden, wodurch ſie fähig gemacht werden, einen größeren Grad der Kälte hervorzubringen und auf gleiche Art können auch die Materialien zu einer dritten Miſchung u. ſ. w. kalt gemacht werden.

Das folgende Verzeichniß enthält die wirkſamſten Miſchungen von Salz und Waſſer oder Säuren, zur Hervorbringung von Kälte. Es iſt dabey angenommen, daß die Temperatur der Materialien vor der Miſchung 50° geweſen und jeder Miſchung iſt der Grad von Kälte beygeſetzt, den ſie hervorgebracht hat, oder der Grad bis zu welchem das Thermometer gefallen iſt. Die Salze müſſen zu einem ſehr feinen Pulver zerrieben werden, das ſehr trocken ſeyn muß, jedoch auch nicht in dem Grade, daß es das Kryſtalliſationswaſſer verlohren *).

Anmerkung.

Einige Subſtanzen des folgenden Verzeichniſſes ſind mit ihren alten Benennungen angegeben worden, weil ſich Walker derſelben bedient hat. Wenn ſich aber der Leſer deſſen, was im zweyten Bande iſt geſagt worden, erinnert, ſo weiß er, daß Ammoniakſalz ſalzſaures Ammoniak, Glauberſalz, ſalzſaures Mineralalkali und Vitriolſäure Schwefelſäure iſt.

	Bewirkte Kälte
**) Ammoniakſalz 5, Salpeter 5, Waſſer 16	10°
Ammoniakſalz 5, Salpeter 5, Glauberſalz 8, Waſſer 16	4°

*) Den ſtärkſten Grad von künſtlicher Kälte brachte Lowitz durch eine Miſchung von trocknem friſch gefallenem Schnee und kryſtalliſirten, trocknen ätzendem Kali, oder ſalzſaurem Kalk hervor. T.

**) Dieſe Salze kann man durch eintrocknen wieder erhalten und ſie immer wieder brauchen.

	Bewirkte Kälte.
*) Salpetrigtes Ammoniak 1, Waſſer 1,	4°
Salpetrigtes Ammoniak 1, Sodaſalz 1, Waſſer 1,	7
**) Glauberſalz 3, verdünnte ſalpetrigte Säure 2,	3
Glauberiſches Salz 6, Ammoniakſalz 4, Salpeter 2, verdünnte ſalpetrigte Säure 4,	10
Glauberiſches Salz 6, ſalpetrigtes Ammoniak 5, verdünnte ſalpetrigte Säure 4,	14
Gephosphortes Mineralalkali 9, verdünnte ſalpetrigte Säure 4,	12
Gephosphortes Mineralalkali 9, ſalpetrigtes Ammoniak 6, verdünnte ſalpetrigte Säure 4,	21
***) Glauberiſches Salz 8, Meerſäure 5,	0°
***) Glauberiſches Salz 5, verdünnte Vitriolſäure 4,	3
***) Salzſaurer Kalk 5, Waſſer 4,	21

**) Dieſe Salze kann man durch Deſtillation und Kryſtalliſation wieder erhalten.

***) Die Kälte kann in dieſen Miſchungen durch einen Zuſatz von Ammoniakſalz und Salpeter verſtärkt werden.

Folgender Auszug aus Walkers Nachricht von ſeinen Verſuchen über die Kälte kann für den Leſer von Nutzen ſeyn.

„Ich habe, ſagt er, Queckſilber oft durch eine bey 0° bewirkte „Miſchung von 3 Drachmen Grund-Eis und 2 Drachmen ſal„petrigter Säure zum Gefrieren gebracht."

„Soll es vollkommen feſt und hart werden, ſo muß man ſich „neben dem geſtoßenen Eiſe einer Miſchung von verdünnter Vi„triolſäure und ſalpetrigter Säure zu gleichen Theilen bedienen; „aber dann darf die Temperatur der Materialien vor der Mi„ſchung nicht unter — 10 Grad ſeyn."

„Soll eine noch ſtärkere Kälte bewirkt werden, als eine „Miſchung dieſer Art von ohngefähr — 56 Grad geben kann, „ſo muß man ſich blos der verdünnten Vitriolſäure mit „Schnee oder geſtoßenem Eiſe bedienen und die Temperatur „bey welcher die Materialien gemiſcht werden, darf nicht „unter — 20° Grad ſeyn."

Wenn man Glauberiſches Salz in ungeſtoßenen Kryſtallen zu noch einmal ſoviel Scheidewaſſer oder verdünnter ſalpetrigter Säure, ſelbſt bey einer warmen Temperatur miſcht, ſo wird die dadurch bewirkte Kälte ſo groß ſeyn, daß Waſſer oder Rahm dabey gefriert.

Die zuletzt erwähnte Methode Kälte durch Ausdehnung der Luft hervorzubringen, iſt zwar durch viele Thatſachen hinlänglich erwieſen, aber ſie iſt doch bis jetzt noch nicht zur Erreichung ökonomiſcher Zwecke angewendet worden.

Man hat gefunden, daß wenn Luft in einem Gefäße komprimirt oder zuſammengedrückt wird, Wärme erzeugt wird, deren Grad mit der Geſchwindigkeit der Operation und der Größe des Drucks im Verhältniß ſteht. Wird dargegen Luft ausgedehnt, ſo wird dadurch ein Grad von Kälte hervorgebracht, der mit der Geſchwindigkeit und der Größe der Ausdehnung im Verhältniß ſteht.

Wenn man ein Thermometer unter den Rezipienten einer Luftpumpe bringt und die Luft in dem Recipienten ſchnell verdünnt, ſo wird es dadurch um einige Grade herabgebracht.

Man kann vermittelſt einer dazu ſchicklichen Maſchine die Luft in einem und demſelben Gefäße abwechſelnd verdünnen und verdichten, und ein in daſſelbe geſtelltes Thermometer fällt in dem erſten Falle und ſteigt in dem letzteren *).

Wenn die in der Windkammer einer Windbüchſe zuſammengedrückte Luft auf die Kugel eines Thermometers abgeſchoſſen wird, ſo fällt das Queckſilber in der Röhre deſſelben einige Grade **).

In den Chemnitzer Bergwerken in Ungarn wird die Luft in einem großen Gefäße durch eine 260 Fuß hohe Waſſerſäule zuſammengedrückt. Wird nun der Hahn, der der Luft den Ausgang verſchließt, geöffnet, ſo ſtrömt ſie mit einer großen Gewalt heraus und die Ausdehnung derſelben bringt einen außerordentlichen Grad der Kälte

*) S. phyſikaliſches Magazin. B. 8. S. 214.

**) Man vergleiche Darwin's Abhandlung in dem 78ſten Bande der philoſophiſchen Transactionen.

hervor, indem dadurch die Feuchtigkeit in Geſtalt von Schnee niedergeſchlagen wird und Eiszapfen an dem Hahne ſich anhängen *).

Da ich nun die verſchiedenen Arten Wärme und Kälte zu erzeugen beſchrieben habe, will ich dieſen von der Wärme oder dem Wärmeſtoff handelnden Abſchnitt damit beſchließen, daß ich auf einen Beweis von der unendlichen Weisheit der Natur aufmerkſam mache, mit der ſie für Mittel zur Erhaltung der lebendigen Geſchöpfe im Fall einer großen Hitze oder Kälte geſorgt hat.

Die Reihe der Temperaturgrade, innerhalb welcher ein Menſch mit Annehmlichkeit und ohne Beſchwerde leben kann, iſt in der That nicht groß. Zwar können Eingebohrne verſchiedener Klimate ohne Beſchwerde verſchiedne Grade der Temperatur ertragen, aber die Verſchiedenheit darf doch nicht ſehr groß ſeyn. In England kann man mit Annehmlichkeit und Leichtigkeit zwiſchen einer Temperatur von 60° bis 70°, alſo innerhalb einer Reihe von 10° leben. Wenn die Temperatur der Luft unter 60° iſt, ſo werden ſich die meiſten nach einem guten Feuer ſehen, und iſt ſie über 70° ſo beſchwert ſich alles über Hitze.

Indeſſen hat doch auch die Natur für ein kräftiges Mittel geſorgt, den ſchädlichen Wirkungen einer plötzli-

*) Die vollſtändige Beſchreibung dieſer Maſchine und des erwähnten Phänomens ſteht im 52ſten Bande der philoſophiſchen Transactionen.

chen Erhöhung von großer Hitze oder Kälte vorzubeugen. Sie hat nemlich die Einrichtung gemacht, daß zugleich im erſteren Falle Kälte und im letzteren Wärme, wenigſtens in einem gewiſſen Grade und für eine gewiſſe Zeit erzeugt wird. Es wird dies durch die natürliche Veränderung oder Abwechslung der Capacität bey einigen von den Beſtandtheilen des thieriſchen Körpers bewirkt. So wird, zum Beyſpiele, wenn der Körper ſehr warm iſt, die Ausdünſtung deſſelben vermehrt und da die Capacität der Flüſſigkeit, welche Dunſt wird, für den Wärmeſtoff vermehrt wird, ſo trägt ſie dazu bey den Körper abzukühlen, und eine ähnliche Wirkung wird durch die Veränderung der Capacität anderer thieriſcher Flüſſigkeiten hervorgebracht u. ſ. w.

In der That ſind Thiere verſchiedener Art und ſelbſt Menſchen oft äußerſt großen Graden von Wärme und Kälte für eine Zeitlang ausgeſetzt worden, ohne einen weſentlichen Nachtheil dadurch zu erleiden und ohne daß ihre natürliche Temperatur mehr als um ſehr wenige Grade wäre erhöht oder erniedriget worden. Man hat Beyſpiele davon, daß Menſchen einer Temperatur, in welcher Queckſilber frieren würde und wieder einer Temperatur die höher als die des kochenden Waſſers war, ausgeſetzt worden. *)

*) Man ſehe in den philoſophiſchen Transactionen von 1775 die in einem erhitzten Zimmer angeſtellten Verſuche.

Zweyter Abſchnitt.

Grundſätze der Optik, oder von dem Lichte, den Farben und dem Geſichte.

Der Gegenſtand des gegenwärtigen Abſchnittes iſt von einem ſo ſehr großen Umfange, daß eine vollſtändige Unterſuchung aller Zweige deſſelben in theoretiſcher und praktiſcher Hinſicht, mehrere ſolcher Bände, wie der gegenwärtige iſt, anfüllen würde. Was aber der Leſer in demſelben erwarten kann, iſt eine brauchbare, nützliche und hinreichende Erklärung der Grundſätze des Gegenſtandes, und dieſe will ich ſo faßlich zu geben ſuchen, als es derſelbe nur immer erlaubet. Dieſen Geſichtspunkt nicht aus dem Auge verlierend, werde ich alles das unerwähnt laſſen, was blos hypothetiſch oder noch ſtrittig iſt, wobey ich jedoch dem forſchbegierigen Leſer immer die Werke bekannt machen werde, die ausführlicher davon handeln. In Anſehung des praktiſchen Theils des Gegenſtandes, werde ich mich bemühen vorzüglich die Grundſätze deſſelben zu erklären, denn wer dieſe gut gefaßt hat und verſteht, dem wird es auch leicht werden, ſie zur Erklärung neuer Thatſachen oder zur Verbeſſerung einzelner Zweige dieſes Theils der Phyſik anzuwenden.

Erſtes Kapitel.

Von der Natur des Lichtes überhaupt.

Der Unterſchied zwiſchen der Empfindung, die wir haben, wenn am Tage unſre Augen offen ſind und zwiſchen der, die wir haben, wenn wir ſie ſchließen, iſt die Wirkung des Stoffes, den wir Licht nennen. Die Entziehung oder der Mangel des Lichts, den wir bemerken, wenn unſre Augen geſchloſſen ſind, wird Dunkelheit genannt. — Dieſes Licht nun iſt es, was uns das Daſeyn von Gegenſtånden erkennen låßt, die uns nicht nah genug ſind, um unſre Kårper zu berühren und die auf keinen unſrer anderen Sinne wirken. Die Blinden können daher die Gegenwart gewiſſer Gegenſtånde blos durch den Schall oder den Geruch oder durch Berührung erkennen, keinesweges aber vermittelſt des Lichtes. Kurz, das Licht wirkt fühlbar auf keinen anderen Theil unſres Körpers als auf die Augen.

Unſre Kenntniß von der eigentlichen Natur des Lichtes iſt noch nicht gewiß. Man hat über dieſelbe eine Menge von Muthmaßungen und zahlreiche Hypotheſen aufgeſtellt. Allein von allen dieſen Hypotheſen verdienen blos zwey erwåhnt zu werden.

Descartes, Huyghens und andere haben angenommen, daß durch das ganze Univerſum eine feine

Flüſſigkeit verbreitet ſey, oder es ausfülle; daß die leuchtenden Körper, dergleichen die Sonne, ein brennendes Licht, ein Feuer u. ſ. w. ſind, dieſe Flüſſigkeit nicht in eine gerade fortgehende, ſondern in eine gewiſſe ſchwingende Bewegung ſetzen, und daß dieſe Bewegung, indem ſie den Nerven unſrer Augen mitgetheilt wird, die leuchtenden Körper für uns ſichtbar mache; ſo daß dieſe Wirkung derjenigen ähnlich ſey, die ein ſchallender Körper auf die Luft macht, indem er ſie nemlich auch in eine gewiſſe ſchwingende Bewegung ſetzt, die, wenn ſie unſeren Gehörwerkzeugen mitgetheilt wird, in uns die Empfindung des Schalls erweckt.

Newton und ſeine Schüler nahmen dargegen an, daß das Licht ein wirklicher Ausfluß (eine Emanation) von leuchtenden Körpern ſey, indem nemlich eine feine, aus gewiſſen beſonderen materiellen Theilen beſtehende, Flüſſigkeit von den leuchtenden Körpern ausfließe oder gehe und indem ſie in unſere Augen dringe, in uns die Empfindung des Lichtes, oder der leuchtenden Gegenſtände erwecke.

Mehrere Thatſachen oder Beobachtungen und Betrachtungen nun ſcheinen dieſer Newton'ſchen Hypotheſe den höchſten Grad der Wahrſcheinlichkeit zu geben. *)

Wenn alſo auch wir dieſe Hypotheſe Newton's annehmen, ſo erfordern verſchiedene, von ihr natürlich abgeleitete Folgerungen, eine beſondere Erklärung; dieſe Emanation, dieſes Licht nemlich, muß aus Theilchen beſtehen; dieſe Theilchen müſſen einen ſehr kleinen, aber beſtimmten Umfang oder Größe haben; ſie müſſen ſich in einer gewiſſen Entfernung von einander befinden, ſich mit einer beſtimmten Geſchwindigkeit bewegen und ein gewiſſes Moment haben.

*) Sie iſt unter dem Namen des Emanationsſyſtems bekannt und noch nicht widerlegt.

A. d. Ueberſ.

Mehrere in der Sternkunde und anderen Zweigen der Phyſik gemachte wichtige Entdeckungen ſetzen uns in den Stand, dieſe Größe, Entfernung, Geſchwindigkeit u. ſ. w. der Lichttheilchen, zwar nicht mit abſoluter Genauigkeit, aber doch mit einem gewiſſen Grade der Wahrſcheinlichkeit zu beſtimmen. Ehe wir dies aber thun, wird es nöthig ſeyn, eine kurze Ueberſicht der Thatſachen oder Beobachtungen, auf welche die Beſtimmungen jener Größen gegründet werden, zu geben.

Wenn in einen Schirm ein kleines Loch gemacht und er in einer Entfernung von ohngefähr fünf oder sechs Fuß vor das Auge geſtellt, und dann ein leuchtender Körper, zum Beyſpiel eine glühende Kohle, auf der anderen Seite des Schirmes, wiederholt vor dem Loche hin und her bewegt wird, ſo muß nothwendig das Loch in Zwiſchenräumen erleuchtet erſcheinen. Beträgt nun aber ein ſolcher Zwiſchenraum oder die Zeit, in der die Kohle nicht vor dem Loche geſehen wird, weniger als den zehnten Theil einer Sekunde, ſo wird daſſelbe beſtändig erleuchtet erſcheinen, gerade ſo, als ob die glühende Kohle unabläſſig davor gehalten würde. Dies beweiſt, daß der Eindruck, welchen Licht auf unſre Augen macht, eine gewiſſe beſtimmte Zeit fortdauert, oder daß die Erſcheinung oder Geſtalt eines Gegenſtandes, auch noch eine gewiſſe Zeit lang nach der Entfernung deſſelben, oder nachdem der Eindruck ſchon wieder aufgehört, vor unſern Augen bleibet.

Aus dieſem Grunde kann man ſich die Erſcheinung erklären, daß man, wenn ein an ſeinem Ende leuchtender Stock vor dem Auge geſchwind genug kreisförmig umgeſchwungen wird, längs dem Umfange des Kreiſes nicht eine Folge von Licht wahrnimmt, ſondern daß es ſcheint, als ſähe man einen ununterbrochenen Lichtkreis.

Hierbey muß man aber bemerken, daß die Dauer des Eindrucks des Lichtes auf das Auge länger oder kür-

zer iſt, je nachdem der Gegenſtand ſtärker oder ſchwächer leuchtet, das heiſt: je nachdem der Eindruck davon ſtärker oder ſchwächer iſt. Wenn daher der eben erwähnte Verſuch mit einem Stocke gemacht wird, deſſen Ende nur rothglühend iſt, ſo muß die Umdrehung deſſelben geſchwinder geſchehen, iſt ſein Ende aber ſehr lebhaft glühend, ſo reicht ſchon eine weniger geſchwinde Umdrehung hin, um einen ununterbrochenen Kreis darzuſtellen.

Der Eindruck auf das Auge iſt zuweilen ſo ſtark und heftig, daß es nicht ſo geſchwind wieder zu ſeinem ruhigen Zuſtande gelangen kann, ſo daß mehrere Minuten dazu gehören, und die völlige Geſtalt des leuchtenden Gegenſtandes eine gewiſſe Zeit in ihm haftet oder zurück bleibt. So bleibt das Auge, wenn man auch nur eine kurze Zeit in die Sonne, oder in ein ſtarkes Feuer eines großen Ofens geſehen hat, eine beträchtliche Zeit lang ſo geblendet, daß es andere Gegenſtände nur mangelhaft und verwirrt erkennen kann.

Die Aſtronomen haben die Beobachtung gemacht, daß es ſcheint als ob die Finſterniſſe der Monde des Planeten Jupiter früher als zu der durch die Tafeln ihrer Bewegung beſtimmten Zeit erfolgten, wenn dieſer Planet uns näher iſt, und daß ſie ſpäter erfolgten, wenn er weiter von uns entfernt iſt. Man hat daher vermuthet, daß ſich das Licht gerade fortgehend und gleichförmig bewege, das heiſt: daß es eine gewiſſe beſtimmte Zeit brauche, um einen beſtimmten Raum zu durchlaufen, und dieſe Vermuthung wird auch noch durch andere aſtronomiſche Beobachtungen, außer der die Jupitersmonde betreffenden, beſtätiget, die in einem folgenden Theile dieſes Werkes werden angeführt und erklärt werden. Das muß indeſſen hier ſchon bemerkt werden, daß nach der Differenz zwiſchen der nächſten und der weiteſten Entfernung des Jupiters von uns und nach dem Zeitunterſchied zwiſchen der ſcheinbaren und der berechneten

Zeit der Verfinſterung ſeiner Monde auf dieſen beyden Punkten ſeines Standes, berechnet worden iſt, daß ſich das Licht in dem erſtaunenswürdigen Verhältniſſe von wenigſtens 164000 oder wohl gar 170000 engl. Meilen in der Sekunde fortbewege, ſo daß das Licht, um von der Sonne zu uns zu gelangen, ohngefähr 8¼ Minuten braucht. Würde alſo eine gegen die Sonne von der Erde aus abgeſchoſſene Kanonenkugel ſich immer mit der nemlichen Geſchwindigkeit fortbewegen, mit welcher ſie aus der Kanone gieng, nemlich ohngefähr eine Achtel-Meile in der Minute, ſo würde ſie 32 Jahre brauchen um von der Erde in die Sonne zu gelangen. *)

Wenn in einen Schirm ein kleines Loch gemacht wird und mehrere Perſonen von einer Seite durch daſſelbe, jede aber nach einem anderen auf der entgegengeſetzten Seite des Schirms befindlichen Gegenſtande ſehen, ſo iſt es einleuchtend, daß die verſchiedenen von dieſen Gegenſtänden in die Augen der Beobachter fallenden Lichtſtröhme, in verſchiedenen Richtungen und ohne einander wenigſtens in einem bemerkbaren Grade, zu ſtöhren, durch das nemliche kleine Loch gehen müſſen. Dies beweißt, daß die Lichttheilchen ſo äußerſt klein und ſo entfernt von einander ſeyn müſſen, daß ſie einander, bey dem gleichzeitigen Durchgange durch einen ſehr engen Raum, nicht bemerkbar ſtöhren.

Nach einigen unvollkommenen Verſuchen, da man nemlich den Fokus oder Brennpunkt eines Hohlſpiegels auf den unterſten Theil eines äußerſt dünnen, leicht auf-

*) Das Licht durchläuft in einer einzigen Sekunde einen Weg von mehr als 40000 Meilen; es geht in jeder Minute durch 3000 und in jeder Sekunde durch 50 halbe Durchmeſſer der Erde und übertrifft alſo die Geſchwindigkeit einer Kanonenkugel mehr als anderthalb Millionenmal und die des Schalles beynahe 976000 Mal.

A. d. Ueberſ.

gehängten Blättchens *) (beam) fallen ließ und dadurch demſelben eine ſchwache Bewegung mittheilte, hat man gefolgert, daß das ſo geſammelte Licht ein merkbares Moment oder Stärke habe. Nach dem Gewichte des Blättchens und der Bewegung die ihm durch den Lichtſtoß, vorausgeſetzt, daß dieſer die wahre Urſache der Bewegung deſſelben geweſen, mitgetheilt worden, wie auch nach der oben angegebenen Geſchwindigkeit des Lichtes nun, wurde berechnet, **) daß die in dem Lichte, welches in einer Zeit von einer Sekunde auf das erwähnte Blättchen geworfen und von einer, ohngefähr vier Quadratfuß haltenden Oberfläche geſammlet wurde, enthaltene Materie oder Maſſe nicht mehr als ein Zwölfhundertmilliontheilchen eines Granes betrage. ***)

Aus dieſen Thatſachen nun, verbunden mit der gemeinen, leichten und täglichen Erfahrung darüber, kann man nachſtehende Folgerungen herleiten.

I.

Da jeder phyſiſche Punkt eines leuchtenden Gegenſtandes von jedem Punkte eines ihn umgebenden unermeßlichen ſphäriſchen Raumes aus, wenn kein dunkler Körper darzwiſchen kömmt, geſehen werden kann, ſo folgt daraus, daß die Lichtſtröhme die von allen Punkten ſichtbarer Gegenſtände ausgehen und ſich nach allen Arten

*) Michell bediente ſich darzu eines Kupferblättchens, das an einer Klavierſaite, die, wie eine Magnetnadel, mit einem Achathütchen auf einem Stifte im Gleichgewicht ruhte, befeſtigt war.

**) Wie dergleichen Berechnungen gemacht werden, darüber ſehe man das vierte Kapitel des erſten Bandes dieſes Werkes.

***) Man ſehe: Prieſtley's Geſchichte der Entdeckungen, das Licht, das Geſicht u. ſ. w. betreffend, Abſchn. I. K. 3.

von Richtungen bewegen, alle Vorſtellung überſteigen. Sollte dies als ein Einwurf gegen Newton's Theorie angeführt werden, ſo wird es ſich ſchon bey dem geringſten Nachdenken ergeben, daß es ein eben ſo großer, wo nicht ein noch größerer Einwurf gegen die andere Hypotheſe iſt. Die folgenden Betrachtungen aber werden zeigen, daß ſich dieſe Schwierigkeit auch bey der Newton'ſchen Hypotheſe heben läßt.

2.

Es iſt oben gezeigt worden, daß der Eindruck, den das Licht auf das Auge macht, eine gewiſſe Zeit lang dauernd iſt, und durch den Verſuch mit der rothglühenden Kohle iſt bewieſen worden, daß er ohngefähr den zehnten Theil einer Sekunde verweile. Wenn man aber auch annimmt, daß er nur den hundertſten Theil einer Sekunde daure, ſo iſt es doch einleuchtend, daß wenn von einem einzelnen Punkte eines leuchtenden Körpers aus, zum Beyſpiele, von einem Punkte der Oberfläche der Sonne, 150 Lichttheilchen ausgeſtrahlt werden, dieſe mehr als hinreichend ſeyn würden, den Augen jenen Punkt ununterbrochen ſichtbar darzuſtellen, und dabey können doch dieſe Theilchen, wegen ihrer ungeheuren Geſchwindigkeit, noch immer weiter als 1000 Meilen von einander entfernt ſeyn und folglich Raum genug für Millionen andere laſſen, ſie nach allen Richtungen zu durchkreuzen. *)

3.

Der Abgang oder der Verluſt von der Materie eines leuchtenden Körpers, den die Ausſtrahlung des Lichtes

*) Man ſehe Cantons Berechnung in den philoſophiſchen Transactionen B. 58. S. 344.

demſelben verurſacht, iſt wegen der Feinheit der Lichttheilchen äußerſt gering und dies gilt ſelbſt auch von der Sonne, die ſeit ſo vielen Jahrtauſenden die große Quelle alles Lichtes geweſen iſt. Prieſtley urtheilt, nachdem er den S. 137 beſchriebenen Verſuch, bey dem der Brennpunkt eines Brennſpiegels auf ein feines Blättchen geleitet wurde, mitgetheilt hat, folgendermaßen über dieſen Punkt: „Da bey dieſem Verſuche das Licht von einer Oberfläche die ohngefähr vier Quadratfuß betrug, und die nur ohngefähr die Hälfte von dem was wirklich auf ſie fiel, zurückwarf, konzentrirt oder geſammelt wurde, ſo muß die in den Sonnenſtrahlen, die in einer Sekunde auf eine Oberfläche von anderthalb Quadratfuß fallen, enthaltene Quantität von Materie, nicht mehr als ein Zwölfhundertmilliontheilchen eines Grans betragen. Die Dichtigkeit des Lichtes auf der Oberfläche der Sonne aber, iſt in dem Verhältniß von 45000 zu 1 größer als auf der Oberfläche der Erde, *) es muß alſo in einer Sekunde, um den durch das Licht verurſachten Abgang von Materie zu erſetzen, von einem Quadratfuß der Oberfläche der Sonne ein Vierzigtauſendtheilchen eines Grans von Materie, ausſtröhmen, welches alſo in einem Tage nur wenig mehr als zwey Gran und in 6000 Jahren ohngefähr 4752000 Gran, welches nach gemeinem Gewicht 670 Pfund ſind, betragen würde." **)

4.

Was die Bewegung des Lichtes betrifft, ſo iſt ausgemacht, daß wenn plötzlich ein leuchtender Körper an den Himmel, eben ſo weit als die Sonne von uns ent-

*) Man ſehe den erſten Theil dieſes Werkes S. 62.

**) S. deſſen Geſchichte der Entdeckungen über das Geſicht, das Licht und die Farben, S. 390. (Ueberſetzt als Geſchichte der Optik.)

fernt geſetzt würde, man denſelben nicht eher würde ſehen können, als nach Verlauf von 8¼ Minuten. Auch ſieht man einen Himmelskörper nie genau auf der Stelle wo er jedesmal wirklich ſteht, ſondern an der wo er einige Zeit zuvor ſtand.

5.

Das Licht bewegt ſich in geraden Linien, ſo lange es durch einerley gleichförmige Subſtanz oder durch einen leeren Raum geht.

6.

Wenn man das Auge auf gewiſſe geglättete Oberflächen richtet, ſo ſieht man in ihnen oft die Bilder von Gegenſtänden, die an Stellen ſtehen, die ganz verſchieden von denen ſind, auf welchen man ſie auf jenen Oberflächen ſieht. So wird zum Beyſpiele ein bey C Fig. 14. Taf. XVIII. befindliches Auge, das gegen die Fläche und polirte Oberfläche, von welcher AB der Durchſchnitt iſt, gerichtet iſt, ganz beſtimmt die Geſtalt, Farbe u. ſ. w. eines bey D wirklich ſtehenden Körpers ſehen, aber es wird ihm vorkommen, als ſtehe er bey E; es iſt alſo einleuchtend, daß das von D ausgehende Licht auf die Oberfläche AB fällt, und von dieſer in einer anderen Richtung FC bey C zu dem Auge kömmt. Dieſe Oberfläche AB nun, welche das Licht auf dieſe Art zurückwirft, wird, ſie ſey nun flach oder anders geſtaltet, eine zurückwerfende Oberfläche oder ein Spiegel genannt. Das auf dieſe Art zurückfallende Licht, nemlich FC, heiſt das reflectirte oder zurückgeworfene Licht und das von dem Gegenſtande D auf die zurückwerfende Oberfläche fallende Licht nennt man das einfallende Licht. Der Winkel, welchen das einfallende Licht mit der auf die zurückwerfende Oberfläche gerichteten ſenkrechten Linie bey dem

Einfallspunkte macht, nemlich der Winkel DFG, heiſt der Einfallswinkel, und der Winkel, welchen das zurückgeworfene Licht mit der nemlichen ſenkrechten Linie macht, nemlich der Winkel CFG, Reflexions- oder Zurückwerfungswinkel. *) Indeſſen nennen auch einige Schriftſteller DFA den Einfallswinkel und CFB den Zurückwerfungswinkel.

7.

Wenn das Licht von einem Körper in einen anderen, oder aus einem leeren Raume in eine Subſtanz oder auch umgekehrt, übergeht, ſo wird die Richtung deſſelben oft abgebogen, und dieſe Beugung des Lichts nennt man die Brechung oder Refraction des Lichtes. Wenn man zum Beyſpiele ein brennendes Licht G, Fig. 1. Taf. XIX an die Seite eines mit Waſſer angefüllten Gefäßes ABDC ſo ſtellt, daß von der nach dem Lichte zu ſtehenden Seite des Gefäßes ein Schatten auf den Boden deſſelben geworfen wird, ſo kömmt der Rand oder Endpunkt des Schattens nicht zu E, ſo daß er etwa eine gerade Linie EBG bildete, ſondern man wird ihn an einer anderen Stelle, etwa bey F ſehen, und FBG wird auf der Oberfläche des Waſſers einen Winkel bilden, welches unwiderſprechlich beweiſt, daß das von dem Lichte ausſtröhmende Licht auf der Oberfläche des Waſſers gebrochen, das heiſt abgebogen wird. Der Winkel, welchen das einfallende Licht GB mit der auf die Oberfläche ſenkrechten Linie bey B macht, nemlich der Winkel GBK iſt der Einfallswinkel und der Winkel, den das gebrochene Licht mit der nemlichen ſenkrechten Linie macht, nemlich CBF

*) Die erwähnte ſenkrechte Linie heiſt: das Einfallsloth, oder Neigungsloth.

A. d. Ueberſ.

der Refractionswinkel oder Brechungswinkel; indeſſen nennen einige Schriftſteller den Winkel GBI den Einfallswinkel und FBA den Brechungswinkel, das heiſt diejenigen Winkel, welche das einfallende und das gebrochene Licht mit der Oberfläche ABI macht.

8.

Das Licht wird nicht nur gebogen, wenn es durch Körper geht, ſondern auch, wenn es in einer kleinen Entfernung von ihnen vorbeygeht, und dieſe Art der Abweichung der Lichtſtrahlen von ihrem geradlinigten Wege wird die Beugung des Lichtes genannt.

Eine unbeſtimmbar kleine Lichtquantität, die weder divergirend noch konvergirend iſt, nennt man einen Lichtſtrahl, und die Lichtquantität, welche auf eine divergirende kegelförmige Art von einem leuchtenden Punkte ausgeht, heiſt ein Lichtkegel oder Strahlenkegel.

Körper, welche das Licht durchlaſſen, oder durch welche das Auge an der entgegengeſetzten Seite befindliche Gegenſtände ſehen kann, als Waſſer, Glas u. a. m., werden durchſichtige Körper genannt. Alle durchſichtige Körper, ſo wie auch ein leerer Raum, heiſen in der Optik: Mittel (medium) und Körper, welche das Licht nicht durchlaſſen, oder den Durchgang deſſelben hemmen, oder durch die man nicht ſehen kann, nennt man dunkle Körper.

Die Wiſſenſchaft der Optik begreift alles dasjenige in ſich, was einen Bezug auf Licht und Geſicht hat, indeſſen nehmen einige Schriftſteller das Wort in einer eingeſchränkteren Bedeutung und verſtehen unter Optik blos die Lehre vom Sehen durch gerade Lichtſtrahlen, das heiſt: wenn das Licht von dem Gegenſtande gerade

in das Auge kömmt. Derjenige Zweig der Optik, welcher von dem zurückgeworfenen Lichte handelt, heiſt Katoptrik, und derjenige der von der Brechung des Lichtes handelt, Dioptrik.

Die ganze Wiſſenſchaft der Optik beruht hauptſächlich auf der Zurückwerfung und der Brechung des Lichtes, denn wenn die Lichtſtrahlen weder zurückgeworfen, noch gebrochen werden könnten, ſo würden wir weder Teleſcope, noch Mikroſcope, noch Brillen, noch irgend ein anderes optiſches Inſtrument haben, und ſo des größten Theils der nützlichſten und bewunderungswürdigſten Erſcheinungen beraubt ſeyn.

Zweytes Kapitel.

Von der Katoptrik oder von der Zurückwerfung des Lichtes.

Von den Lichtſtrahlen die von einem leuchtenden Körper *) ausgehen, werden diejenigen, die auf die Oberflächen faſt aller anderen Körper fallen, dieſe mögen nun durchſichtig oder dunkel, feſt oder flüſſig ſeyn, mehr oder weniger, nie aber ganz zurückgeworfen. †)

*) Unter einem leuchtenden Körper iſt hier jeder ſichtbare Gegenſtand zu verſtehen, er mag nun durch Ausſtrahlung ſeines eigenen Lichtes, wie die Sonne, ein brennendes Licht u. ſ. w. oder durch zurückgeworfnes Licht, wie der Mond, ein Baum am Tage u. ſ. w. ſichtbar ſeyn.

†) Von dem Lichte, das auf Queckſilber fällt, werden nicht über drey Viertheile zurückgeworfen, und doch giebt es wahrſcheinlich keine Subſtanz, die das Licht ſo ſtark als Queckſilber zurückwirft.

Die Lichtquantität, die von einer gegebenen ebenen Oberfläche zurückgeworfen wird, iſt nach der verſchiedenen Be-

Wenn die zurückwerfende Oberfläche eben oder von einer regelmäßigen Geſtalt iſt, ſo kann man die Richtung der zurückgeworfenen Strahlen auf die Art, die in der Folge wird erklärt werden, verfolgen; iſt aber die zurückwerfende Oberfläche unregelmäßig, ſo wird das Licht nach mehreren und ungewiſſen Richtungen zerſtreut.

Die Strahlen, die, indem ſie von einem einzelnen leuchtenden Punkt eines Gegenſtandes ausgehen, auf eine gegebene zurückwerfende Oberfläche, oder auch auf jede ſolche Oberfläche fallen, ſind unzählbar, da der zurückgeworfene Schein oder die Geſtalt dieſes Punktes von unzähligen, in verſchiedenen Richtungen zerſtreuten Beobachtern, die ihre Augen nach der zurückwerfenden Oberfläche gerichtet haben, kann geſehen werden. So verbreitet der leuchtende Gegenſtand C Fig. 2 Taf. XIX. Lichtſtrahlen ſphäriſch oder nach allen Richtungen. Von dieſen Strahlen fällt der Theil derſelben C A B auf eine ebene zurückwerfende Oberfläche, von der A B einen Durchſchnitt darſtellt, und wird von dieſer aus auf die Stellen D, K, L, M, u. ſ. w. zurückgeworfen.

ſchaffenheit des Einfallswinkels verſchieden, und es wird daher eine größere Quantität von Licht zurückgeworfen, wenn dieſer Winkel groß, als wenn er klein iſt. So wird von dem Lichte der Sonne, das auf eine glatte Waſſeroberfläche fällt, eine größere Quantität bald nach Sonnenaufgang oder vor Sonnenuntergang zurückgeworfen, als zur Mittagszeit. Indeſſen iſt doch die Vermehrung des zurückgeworfenen Lichtes mit der Vergrößerung des Einfallswinkels nicht bey allen Arten zurückwerfender Subſtanzen gleich regelmäßig. Man ſehe Bouguer's Abhandlung von der Optik.

Dies ſcheint mit Newton's Theorie vom Lichte übereinzuſtimmen, nemlich daß das Licht eine Emanation ſey und mit einem Moment auf die Körper falle, da ein ſchiefer Stoß leichter zurückgeworfen wird, als ein gerader u. ſ. w. Man ſehe den erſten Theil dieſes Werkes.

Es iſt einleuchtend, daß dieſe Strahlen mit verſchie- denen Einfallswinkeln auf die Oberfläche A B fallen; allein man wird immer, welchen von dieſen Strahlen und ſeine Zurückwerfung man auch unterſuchen möge, fin- den, daß der Einfallswinkel beſtändig dem Re- flections- oder Zurückwerfungswinkel gleich iſt. Und das iſt ein Grundgeſetz der Katoptrik. So iſt bey der Figur der Winkel C O K dem Winkel H O D gleich; C I G iſt G I L gleich; C E N iſt N E M gleich, und ſo fort, indem O H, I G, E N ſenkrechte Linien auf der Oberfläche ſind.

Ein anderes eben ſo unveränderliches Geſetz, iſt: daß der Einfallswinkel und der Zurückwer- fungswinkel eines und deſſelben Strahles in einerley Ebene liegen, die ſenkrecht auf der zurückwerfenden Oberfläche iſt. *) Der Strahl, welcher, wie C A, ſenkrecht auf eine zurückwer- fende Oberfläche fällt, wird längs der nemlichen Linie zurückgeworfen, denn in dieſem Falle verſchwindet der Winkel mit der ſenkrechten Linie.

Es iſt einleuchtend, daß die von einem leuchtenden Punkte ausgehenden Lichtſtrahlen divergirend auf eine gegebene Oberfläche fallen müſſen. Iſt aber der Gegen- ſtand ſehr weit entfernt, ſo wird die Divergenz jener Strahlen unmerklich, und in dieſem Falle heißen ſie pa- rallele Strahlen. Die Strahlen der Sonne, des Mondes, der Sterne u. ſ. w. ſind alſo parallele Strah- len. Iſt dargegen der leuchtende Punkt ziemlich nahe, dann ſind die Strahlen bemerkbar divergirend oder aus- einander laufend. Diejenigen Strahlen, welche von ver- ſchiedenen Punkten des Gegenſtandes auf einen Punkt

*) Der zurückgeworfene Strahl bleibt alſo in der Zurückwer- fungsebene.

A. d. Ueberſ.

einer Oberfläche fallen, ſind einleuchtend konvergi⸗ rende oder zuſammenlaufende Strahlen.

Ich werde im Folgenden nicht von allen Arten von gewiſſen leuchtenden Punkten von Gegenſtänden ausge⸗ hender Strahlen, ſondern blos von einigen wenigen handeln, da es leicht einzuſehen iſt, daß die Mittel⸗ ſtrahlen oder die anliegenden Strahlen ſich meiſt nach ähnlichen Geſetzen richten müſſen.

Wenn ein Auge E, Fig. 3 Taf. XIX. einen Gegen⸗ ſtand wie C D oder A B in gerader Richtung ſieht, ſo dringen einige von den Strahlen die von jedem ſichtba⸗ ren Punkte des Gegenſtandes ausgehen, in das Auge, und die ganze, auf dieſe Art in das Auge kommende Lichtquantität, wird von den Strahlen umſchrieben oder begrenzt, die von den äußerſten Punkten des Gegenſtan⸗ des, nemlich von C E und D E, oder A E und B E ausgehen. Der Winkel, den dieſe äußerſten Strahlen auf dem Auge bilden, nemlich der Winkel C E D, oder A E B, heiſt der Geſichtswinkel und nach der Größe dieſes Winkels beurtheilen wir hauptſächlich die Entfernung eines bekannten Gegenſtandes. Wenn man, zum Beyſpiele, annimmt, daß die Gegenſtände C D und A B gleich ſeyen, oder daß ſie einerley Gegenſtand, aber nach und nach in verſchiedenen Entfernungen befindlich vorſtellten, ſo iſt es einleuchtend, daß, je weiter der Ge⸗ genſtand von dem Auge entfernt iſt, deſto kleiner auch der Geſichtswinkel ſeyn müſſe.

Man muß auch hiebey bemerken, daß wenn in dem Falle, daß die Lichtſtrahlen durch irgend etwas ſo gebro⸗ chen werden, daß der Geſichtswinkel vergrößert wird, die Entfernung zwiſchen dem Auge und dem Gegenſtand die nemliche bleibt, der Gegenſtand größer erſcheint, oder, wie man zu ſagen pflegt, vergrößert wird, und daß im Gegentheile, wenn der Geſichtswinkel verkleinert

wird,

wird, der Gegenſtand kleiner erſcheint, in welchem Falle man ſagt, daß er verkleinert werde.

Eben dieſe, das Sehen eines Gegenſtandes in gerader Richtung betreffende, Bemerkungen, gelten auch in Anſehung der, von einer regelmäßig zurückwerfenden Oberfläche zurückgeworfenen Strahlen.

Man laſſe O M, Fig. 4 Taf. XIX. eine ebene zurückwerfende Oberfläche, F ein gegen ſie gerichtetes Auge und A B einen davor geſtellten Gegenſtand ſeyn. Man ziehe die äußerſten Strahlen A D, B G, die, da ſie ihre Einfallswinkel ihren reſpectiven Zurückwerfungswinkeln gleich machen, bey F zu dem Auge kommen können,*) ſo wird es ſcheinen, als ob der Gegenſtand bey I K, alſo gerade ſo weit hinter der zurückwerfenden Oberfläche ſtände, als er wirklich vor ihr ſteht; oder der Gegenſtand wird ſo erſcheinen, wie er in gerader Richtung in ein bey C befindliches Auge fallen würde, das heißt in ein Auge, das ſo weit von ihm entfernt wäre, daß die Entfernung C D der Entfernung D F gleich wäre, welches daher kömmt, daß die Linien D C, G C bey C einen Winkel bilden, der dem, von den Linien D F, G F bey F, gebildeten Winkel gleich iſt. Daß dieſe Winkel gleich ſind, kann leicht bewieſen werden, wenn man auf die zurückwerfende Oberfläche die Senkrechten I E und L N zieht, denn der Einfallswinkel A D I iſt dem Zurückwerfungswinkel I D F und dem Winkel E D C

*) Es würde keinen Nutzen haben, auch diejenigen Strahlen mit in Anſchlag zu bringen, die von den nemlichen Punkten A und B ausgehen und auf die übrigen Theile der zurückwerfenden Oberfläche fallen, weil ſie nicht zu dem Auge zurückgeworfen werden können. Diejenigen Strahlen, die von anderen Punkten des Gegenſtandes zwiſchen A und B kommen und auf die Oberfläche DG fallen, werden alle zwiſchen den äußerſten Strahlen AD, DF und BG, GF eingeſchloſſen

gleich;*) der Winkel I D F iſt alſo E D C und der Winkel F D G iſt C D G gleich, weil der ganze Winkel I D G dem ganzen Winkel E D G gleich iſt, indem beyde rechte Winkel ſind. Auf gleiche Art läßt ſich beweiſen, daß der Winkel F G D, dem Winkel C G D gleich iſt, woraus dann folgt, daß die Dreyecke D G C und D G F, da zwey Winkel des einen zwey Winkeln des andern gleich ſind und ſie eine korreſpondirende Seite, nemlich D G mit einander gemein haben, einander in jeder Rückſicht gleich ſind,**) nemlich D C iſt D F und der Winkel bey C iſt dem Winkel bey F gleich u. ſ. w.

Man muß aber auch hiebey bemerken, daß ein Gegenſtand, den man dadurch ſieht, daß er von einer ebenen Fläche zurückgeworfen wird, wie ihn zum Beyſpiele ein bey F befindliches Auge ſehen würde, nicht ſo hell erſcheint, als wenn man ihn in gerader Linie von C aus ſehen würde, weil durch die Zurückwerfung auch von der beſten Oberfläche, einiges Licht verloren geht, wovon die Poren oder Zwiſchenräume, Unregelmäßigkeiten und dergleichen dieſer Oberflächen, die Urſachen ſind. Was von der Neigung der äußerſten Strahlen A D und B G iſt geſagt worden, läßt ſich offenbar auch auf alle andere, auf eine ebene Oberfläche fallende Strahlen anwenden, nemlich, daß, weil die Senkrechten I E, L N u. ſ. w. einander parallel ſind, die einfallenden Strahlen mit der nemlichen Neigung gegen einander werden zurückgeworfen werden, die ſie hatten, ehe ſie auf die Oberfläche fielen, das heißt: ſie werden nach der Zurückwerfung parallel ſeyn, wenn ſie es vor derſelben waren, und ſie werden nach der Zurückwerfung auseinanderlaufend oder zuſammenſtrahlend ſeyn, je nachdem ſie vor derſelben auseinanderlaufend oder zuſammenſtrahlend waren und werden auch den nemlichen Winkel machen.

*) Euklid. Element. L. I. Prop. 15.
**) Ebendaſelbſt Prop. 26.

Die Zurückwerfungen von konkaven oder konvexen zurückwerfenden Oberflächen bringen ſehr verſchiedene Wirkungen hervor, weil die Senkrechten auf die verſchiedenen Punkte einer krummen Oberfläche nicht parallel zu einander ſind. Man nehme, zum Beyſpiele, an, daß zwey einander parallele Strahlen A B, C D Fig. 5 Taf. XIX. auf eine ſphäriſche konvexe Oberfläche H I fallen; dann ziehe man auf die Oberfläche die Senkrechten bey den Einfallspunkten B D, ſo müſſen dieſe Senkrechten, C E B, F D,*) von einander divergiren oder auseinanderlaufen und folglich müßen auch die zurückgeworfenen Strahlen auseinanderlaufen; denn wenn eine Linie bey D, nemlich M D, mit E B parallel wäre, ſo würde der zurückgeworfene Strahl N D mit dem zurückgeworfenen Strahle K B parallel ſeyn, und folglich muß der wahre zurückgeworfene Strahl, weil er von D N divergirt, auch von K B divergiren.

Durch eine ähnliche Art zu ſchließen kann man auch in Anſehung der Zurückwerfung einfallender paralleler Strahlen von einer ſphäriſchen konkaven Oberfläche beweiſen, daß ſie konvergirend müſſen zurückgeworfen werden. So werden die parallelen Strahlen A B, C D, Fig. 6 Taf. XIX. auf eine konvergirende Art von der konkaven Oberfläche H B D I zurückgeworfen; ſie müſſen ſich folglich in irgend einem Punkte, wo ſie einander durchkreuzen, begegnen, worauf ſie dann wieder divergirend fortgehen, ſo wie die zurückgeworfenen Strahlen B F, D F, die ſich bey F begegnen, einander durchkreuzen u. ſ. w.

*) Die ſenkrechte Linie auf irgend einem Punkt einer krummen Oberfläche iſt auf eine ebene Fläche, welche die krumme Oberfläche bey dieſem Punkte berührt, ſenkrecht. Alle auf Punkten einer ſphäriſchen konkaven oder konvexen Oberfläche Senkrechten, treffen in dem ſphäriſchen Mittelpunkte, oder in dem Mittelpunkte der Sphäre, von welcher die gegebene Oberfläche ein Theil iſt, zuſammen.

Dieſe Erklärung, die ich blos auf parallele Strahlen angewendet habe, kann leicht auch auf alle andere Arten einfallender Strahlen, nemlich auf ſolche, welche ſowohl divergirend als auch konvergirend kommen, ausgedehnt werden. Das allgemeine Geſetz iſt folgendes.

Alle Arten von Lichtſtrahlen, ſie mögen nun parallel, divergent oder konvergent ſeyn, die auf eine ſphäriſch konvexe Oberfläche fallen, werden auf eine ſtärker divergirende Art zurückgeworfen, das heißt, die zurückgeworfenen Strahlen gehen weniger gegen einander geneigt fort, als die einfallenden Strahlen.

Alle Arten von Strahlen, die auf eine ſphäriſch konkave Oberfläche fallen, werden ſtärker konvergirend oder weniger divergirend zurückgeworfen, das heißt: die zurückgeworfenen Strahlen ſind ſtärker gegen einander geneigt als die einfallenden Strahlen. Wenn aber die zurückgeworfenen Strahlen zuſammenfallen und ſich durchkreuzen, ſo gehen ſie hinter dieſem Punkte oder Brennpunkte divergent fort.

Da nun oben S. 147 iſt geſagt worden, daß, wenn der Winkel, welchen die von den äußerſten Punkten eines Gegenſtandes ausgehenden Strahlen an dem Auge machen, durch irgend etwas verkleinert wird, dann der Gegenſtand kleiner erſcheint, und ſo auch umgekehrt: ſo folgt daraus, daß ein Gegenſtand, den man durch Zurückwerfung von einer konvexen Oberfläche ſieht, kleiner erſcheinen muß, als wenn er von einer ebenen Fläche zurückgeworfen worden wäre; ferner folgt daraus: daß ein Gegenſtand, den man durch Zurückwerfung von einer konkaven Oberfläche ſieht, größer erſcheinen muß, als wenn er von einer ebenen Fläche zu einem Auge wäre zurückgeworfen worden, welches der zurückwerfenden Oberfläche näher wäre als der Brennpunkt der zurückgeworfenen Strahlen; daß er aber einen von dieſem Brennpunkte weiter entfernten Auge, kleiner und ver-

kehrt erſcheinen wird, denn da die Strahlen ſich bey dem Brennpunkt durchkreuzen, ſo wird der obere Strahl B F Fig. 6 hinter dem Brennpunkte F der untere F G, und der untere D F wird der obere F K.

Alle Eigenſchaften zurückwerfender Kugelflächen gründen ſich auf die angegebenen Geſetze und ſollte der Leſer, um ſich die Sache noch deutlicher machen zu können, wünſchen, ſie auf dem Papiere darzuſtellen, ſo kann er dies leicht bewerkſtelligen, er muß nemlich zuerſt die krumme Linie ziehen, welche einen Durchſchnitt der zurückwerfenden Oberfläche darſtellt; zweytens zieht er die einfallenden Strahlen, ſie mögen nun konvergent oder parallel oder divergent ſeyn; drittens beſchreibt er die auf die verſchiedenen Einfallspunkte Senkrechten und zuletzt zieht er die zurückgeworfenen Strahlen, indem er immer den Zurückwerfungswinkel dem Einfallswinkel gleich macht. Ich werde alſo die Eigenſchaften ſphäriſcher konkaver und konvexer zurückwerfender Oberflächen, ohne weitere Erklärung dieſer Eigenſchaften, angeben; indeſſen wird es doch nöthig ſeyn, vorher noch kurz eine Schwierigkeit aus dem Wege zu räumen, die bey dem Studio der Optik oft vorkömmt.

Wenn von parallelen Strahlen die Rede iſt, muß man nicht glauben, daß alle von allen Punkten eines Gegenſtandes kommenden und auf das Auge oder eine zurückwerfende Fläche fallenden Strahlen einander parallel ſind, ſondern dies muß blos von denen Strahlen verſtanden werden, die von einem phyſiſchen Punkte ausgehen. Wir wollen zum Beyſpiele die Strahlen unterſuchen, die blos von drey Punkten der Sonne kommen und in die Pupille eines Auges dringen, und man ſehe hiezu die 7te Figur der XIX. Tafel. Die von dem Punkte A ausgehenden Strahlen bilden in der That einen Kegel, deſſen Baſis die Pupille des Auges bey D iſt und deſſen Höhe, die Entfernung von uns bis zur

Sonne iſt. Die verſchiedenen Strahlen nun, welche dieſen Kegel bilden, nennt man parallele Strahlen, weil ihre Neigung gegen einander unmerklich iſt. Eben dies nun, gilt auch von den von dem Punkte B oder von dem Punkte C ausgehenden Strahlen. Nimmt man aber einen Strahl von dem Punkte A und einen anderen von dem Punkte C, ſo bilden dieſe Strahlen auf dem Auge einen merklichen Winkel und nach dieſem Winkel A D C ſchließen wir auf die ſcheinbare Größe der Sonne. Das Maaß dieſes Winkels iſt ohngefähr 32 Minuten.

Dieſe Figur zeigt auch zugleich, daß der Gegenſtand deſto heller und glänzender erſcheint, je größer die Pupille iſt, weil dieſelbe deſto mehr Strahlen von jedem einzelnen Punkte des Gegenſtandes bekömmt, je größer ſie iſt.

Da in der Natur ein dem Beobachter naher Gegenſtand heller und größer erſcheint als ein ähnlicher, aber von ihm weiter entfernter, ſo glauben wir immer, wenn uns ein gegebener Gegenſtand vergrößert und heller dargeſtellt wird, daß er uns näher ſey, als er es wirklich iſt.

Von der konvexen oder erhabenen zurückwerfenden Kugelfläche.

Die von einer Oberfläche der Art zurückgeworfenen Gegenſtände erſcheinen allzeit kleiner als ſie wirklich ſind, allemal aufrecht und immer ſo, als ob ſie ſich hinter der zurückwerfenden Fläche befänden.

Sie erſcheinen auch nie genau in ihrer wahren Geſtalt. Iſt der Gegenſtand eine gerade Linie, oder eine ebene Oberfläche, ſo iſt das Bild oder die Scheingeſtalt von ihm eine krumme Linie, oder krumme Oberfläche, weil die verſchiedenen Punkte des Gegenſtandes nicht gleich weit von dem zurückwerfenden Körper entfernt ſind.

Parallel einfallende Strahlen, nemlich ſolche, die von weit entfernten Gegenſtänden kommen, werden divergirend zurückgeworfen, und ihre Divergenz oder Auseinanderſtreuung geſchieht ſo, daß ſie, wenn ſie hinter der zurückwerfenden Oberfläche hervorgebracht werden, ſich in der Entfernung des halben Halbmeſſers der Krümmung (convexity) vereinigen. Dieſer Punkt heißt der eingebildete Brennpunkt, (auch der Zerſtreuungspunkt, Focus geometricus ſeu virtualis) dieſer Strahlen und der Hauptbrennpunkt (Focus principalis) des Reflektors.

Divergirend oder auseinandergehend einfallende Strahlen, nemlich ſolche, die von nahen und kleinen Gegenſtänden kommen, haben ihren Brennpunkt näher an der zurückwerfenden Oberfläche als um den halben Halbmeſſer.

Wenn die einfallenden Strahlen konvergirend oder zuſammenlaufend ſind, ſo werden die zurückgeworfenen Strahlen, wenn die Entfernung von dem leuchtenden Punkte weniger als die Hälfte des Halbmeſſers der Krümmung beträgt, einen wahren Brennpunkt vor der Oberfläche haben, da ſie ſonſt einen eingebildeten Brennpunkt (virtual Focus) hinter derſelben haben werden.

Unter der zurückwerfenden Oberfläche muß ein kleiner Theil einer großen Kugel verſtanden werden, denn genau geſprochen, können die von einer konvexen oder erhabenen Oberfläche zurückgeworfenen Strahlen keinen gemeinſchaftlichen eingebildeten Brennpunkt haben und die Mehrheit ihrer Brennpunkte wächſt mit der Größe des ſphäriſchen Abſchnitts. Dieſe Eigenſchaft wird deutlicher durch das werden, was ſogleich von dem konkaven oder hohlen Reflektor wird geſagt werden.

Von der konkaven oder hohlen zurückwerfenden Kugelfläche.

Wenn ein leuchtender Gegenſtand in den Mittelpunkt der Hohlung geſetzt wird, (weshalb der Gegenſtand ein einzelner Punkt ſeyn ſollte), dann werden alle Strahlen, die auf den konkaven oder hohlen Reflektor fallen, ſo zurückgeworfen werden, daß ſie bey dem nemlichen Punkte, oder Mittelpunkte oder Brennpunkte zuſammenlaufen.

Strahlen, die von irgend einem anderen Punkte kommen, können nicht alle zu einem und demſelben Brennpunkte zurückgeworfen werden. So ſtellt Fig. 8 Taf. XIX. den konkaven Reflector vor, Q iſt der Gegenſtand, oder der leuchtende Punkt und f f f o o o ſind die verſchiedenen Brennpunkte der zurückgeworfenen Strahlen, welche die krummen Linien f f f o o o bilden. Dieſe krummen Linien werden Brennlinien, oder Brennlinien durch Zurückwerfung, genannt *).

Strahlen, welche von dem Theile des Reflektors zurückgeworfen werden, welcher der Mitte am nächſten iſt, das heißt, von dem Theile, welcher dem leuchtenden Punkte mehr in gerader Richtung entgegengeſetzt iſt, wie der Theil C D, treffen ziemlich nahe zuſammen oder haben ihre Brennpunkte ziemlich nahe aneinander und der enge Raum, innerhalb deſſen ſie zuſammentreffen, wird als der Brennpunkt dieſer einfallenden Strahlen betrachtet. Deswegen ſind die hohlen Reflektoren, die gewöhnlich

*) „Man kann ſolche Brennlinien auf der Oberfläche von „Milch, oder auf dunklen weißlichten Miſchungen von „Flüſſigkeiten, die in einer weißen Kaffeetaſſe enthalten ſind, „oder auf dem Boden einer Schnupftabacksdoſe, deren „Rand gut polirt iſt, ſehen, wenn der Schein eines Lich„tes, oder der Sonne, oder eines entfernten Fenſters dar„auf fällt.“ Smith's Optik B. 1. K. 2.

für optiſche oder andere phyſikaliſche Zwecke gemacht werden, meiſtens kleine Theile großer ſphäriſcher Oberflächen, denn wenn der Reflektor beſtimmt iſt Licht oder Wärme auf eine beſondere Stelle zu werfen, wie auf F, ſo ſind die Theile C A und D B ganz unnütz. Wenn ich alſo im folgenden von einem Hohlreflektor ſpreche, verſtehe ich immer einen kleinen Theil einer großen ſphäriſchen Oberfläche darunter.

Auch der ſtrahlende oder leuchtende Punkt, von welchem die einfallenden Strahlen ausgehen, wird, eben ſo wie der, in welchem die zurückgeworfenen Strahlen zuſammentreffen, ein Brennpunkt genannt, nur daß jener der Brennpunkt der einfallenden Strahlen und der letztere der Brennpunkt der zurückgeworfenen Strahlen heißt.

Eine Linie, die man ſich ſo denkt, daß ſie durch den Mittelpunkt des Reflektors und durch den Mittelpunkt der Kugel, von welcher dieſer Reflektor ein Theil iſt, gehe, wird die Axe des Reflektors genannt.

Wenn die einfallenden Strahlen parallel ſind, das heißt, wenn der Brennpunkt derſelben ſehr entfernt iſt, dann iſt der Brennpunkt der zurückgeworfenen Strahlen, in der Entfernung des halben Halbmeſſers der Krümmung (concavity) von der zurückwerfenden Oberfläche vor dem Reflektor und in der Mitte jenes Halbmeſſers mit welchem die einfallenden Strahlen parallel ſind. *) Dieſe Entfernung wird die Brennweite genannt, und ein ſolcher Brennpunkt zurückgeworfener Strahlen, nemlich deſſen Entfernung dem halben Halbmeſſer der

*) Das heiſt: die Brennweite der ſphäriſchen Hohlſpiegel beträgt den vierten Theil vom Durchmeſſer der Sphäricität, oder: Strahlen, welche nahe bey der Axe und parallel mit derſelben einfallen, vereinigen ſich in dieſer Weite wieder mit der Axe. Der Ueberſ.

Krümmung gleich iſt, heißt der **Hauptbrennpunkt** jenes Reflektors.

Je näher der Brennpunkt einfallender Strahlen der Oberfläche des Reflektors kömmt, deſto weiter weicht der Brennpunkt zurückgeworfener Strahlen, von dieſer Oberfläche zurück; kurz: dieſe Brennpunkte bewegen ſich in entgegengeſetzten Richtungen. *) Wenn die Entfernung des Brennpunkts einfallender Strahlen der Hälfte des Halbmeſſers der Hohlung gleich iſt, ſo werden die

*) Von den folgenden drey Größen, nemlich der Entfernung des Brennpunktes einfallender Strahlen, der Entfernung des Brennpunktes zurückgeworfener Strahlen und dem Halbmeſſer der Konkavität oder Konvexität, kann, wenn zweye gegeben ſind, die dritte nach folgender Analogie oder Proportion, die ſich auf erhabene ſowohl als hohle ſphäriſche Reflektoren anwenden läßt, gefunden werden.
Die Entfernung des Brennpunktes einfallender Strahle von dem Hauptbrennpunkte, die Hälfte des Halbmeſſers des Reflektors und die Entfernung zwiſchen dem Hauptbrennpunkte und dem Brennpunkte zurückgeworfener Strahlen, haben ein beſtändiges Verhältniß zu einander.

Man nehme an, der Reflektor ſey hohl und die Strahlen divergirten von einem Brennpunkte ab, deſſen Entfernung von der Oberfläche $=$ d ſey.

Der Halbmeſſer des Reflektors ſey $=$ r, ſo hat man, nach der vorſtehenden Regel: $d - \frac{r}{2} : \frac{r}{2} :: \frac{r}{2} : \frac{r^2}{4d - 2r} =$ der Entfernung zwiſchen dem Brennpunkte zurückgeworfener Strahlen und dem Hauptbrennpunkte.

Der Brennpunkt zurückgeworfener Strahlen iſt in dieſem Falle zwiſchen dem Hauptbrennpunkte und dem Mittelpunkte des Reflektors: Wenn man daher $\frac{r}{2}$ zu der zuletzt gefundenen Größe addirt, ſo hat man $\frac{r^2}{4d - 2r} + \frac{r}{2} =$

$\frac{2r^2 + 4dr - 2r^2}{8d - 4r} = \frac{dr}{2d - r}$ als die Entfernung des Brennpunktes zurückgeworfener Strahlen von der Oberfläche.

Strahlen einander parallel zurückgeworfen werden und wenn dieſe Entfernung weniger als die Hälfte des Halbmeſſers der Hohlung beträgt, ſo werden die zurückgeworfenen Strahlen nicht in einem Brennpunkte vor dem Reflektor zuſammentreffen, ſondern divergirend fortgehen, das heißt ihr eingebildeter Brennpunkt wird hinter dem Reflektor ſeyn.

Wenn ein Gegenſtand, wie O B Fig. 9 Taf. XIX. vor einen konkaven oder hohlen Reflektor A R geſtellt wird, ſo werden die Strahlen, die von irgend einem Punkte, zum Beyſpiele von O ausgehen und auf ihn fallen, von ihm konvergirend zurückgeworfen, ſo daß ſie einander bey I durchkreuzen. Eben ſo werden auch die von irgend einem anderen Punkte, zum Beyſpiele von B ausgehenden Strahlen zu einem Brennpunkte M zurückgeworfen, und eben dies gilt auch von den zwiſchen dieſen beyden liegenden Punkten. Da nun dieſe Brennpunkte beynahe in der nemlichen proportionalen Entfernung von einander liegen, wie die ſtrahlenden Punkte in dem Gegenſtande O B, ſo ſagt man, daß ein Bild des Gegenſtandes vor dem Reflektor ſey gebildet worden; aber man

Dieſe Auflöſung paßt auf alle Fälle von Brennpunkten, die durch Zurückwerfung von einer ſphäriſchen Oberfläche entſtehen, wenn man nur das Zeichen von r verändert, wenn der Reflektor erhaben iſt, und das Zeichen von d, wenn die Strahlen zu einem Punkte konvergiren oder zuſammenfallen, deſſen Entfernung von der Oberfläche d iſt; wenn, zum Beyſpiele, Strahlen auf einem hohlen Reflektor, deſſen Halbmeſſer 30 Zoll beträgt, zuſammenlaufen und der Brennpunkt der zuſammenfallenden Strahlen wäre 10 Zoll von der Oberfläche, ſo wäre die geſuchte Brennpunktslänge $\frac{-dr}{-2d-r} = \frac{dr}{2d+r}$ in dem gegenwärtigen Falle $= \frac{30 \cdot 10}{30+20} = 6.''$

Alwoods Beſchreibung von Verſuchen S. 58.

muß ſich nicht vorſtellen, daß ein an der einen Seite, etwa bey C, ſtehender Beobachter das Bild IM ſehen könne, denn ob ſich gleich die Lichtſtrahlen bey I M begegnen und einander durchkreuzen, ſo gehen ſie doch jenſeits dieſer Stelle gerade fort und können folglich, eben darum nicht bey C in das Auge kommen. Wenn man alſo ſagt, daß bey I M ein Bild ſey hervorgebracht worden, ſo will man damit ſagen, daß wenn bey I M eine feſte undurchſichtige Subſtanz, etwa ein ebenes Stück Papier, ſey geſtellt worden, dann das Bild des Gegenſtandes auf derjenigen Seite des Papiers werde hervorgebracht werden, die dem Reflektor gegen über iſt; dieſes Bild aber ſieht ein bey C befindliches Auge, weil in dieſem Falle, wo die Lichtſtrahlen in ihrem geraden Gange aufgehalten werden, gar kein Bild, oder doch ein ſehr undeutliches entſteht, wenn das Stück Papier näher bey oder weiter von dem Reflektor als an der gehörigen Stelle angebracht wird.

Auch wenn ſich ein Auge vor dem Reflektor befindet, wie bey D, ſo kommen die Lichtſtrahlen mit der nämlichen Neigung in daſſelbe, als wenn der Gegenſtand bey I M ſtände, aber in einer umgekehrten Stellung. Daher ſagt man, daß vor dem Reflektor ein umgekehrtes Bild ſey hervorgebracht worden.

Dies zeigt auch, was es heißen ſoll, wenn man ſagt: daß ein Bild hinter dem Reflektor ſey hervorgebracht worden, man verſteht nemlich darunter, daß die zurückgeworfenen Strahlen mit der nemlichen Neigung in das Auge kommen, als ob der Gegenſtand ſelbſt hinter dem Reflektor ſtehe.

Wenn ein Auge einen Gegenſtand in gerader Linie ſieht, ſo iſt die Lichtquantität, welche von irgend einem einzelnen Punkte des Gegenſtandes in das Auge dringt, ein Kegel oder Büſchel, deſſen Baſis der Pupille oder der Oefnung des Auges gleich iſt, und dies iſt auch der Fall, wenn der Gegenſtand von einem ebenen Spiegel

zurückgeworfen, geſehen wird. Iſt aber der Spiegel ein Hohlſpiegel, dann dringt wegen der Neigung, welche die Lichtſtrahlen zu einander bekommen, von einem jeden einzelnen Punkte eine größere Lichtquantität in die Pupille. Dies zeigen die zehnte, eilfte und zwölfte Figur der XIX. Tafel deutlich, indem die erſte dieſer Figuren eine gerade Anſicht, die zweyte eine durch Zurückwerfung von einem ebenen Reflektor gegebene Anſicht und die dritte eine durch Zurückwerfung von einem hohlen Reflektor erhaltene Anſicht eines und deſſelben leuchtenden Punktes A darſtellt.

Daher kommt es, daß ein von einem hohlen Reflektor zurückgeworfenes Bild, um ein großes Theil heller erſcheinen kann, als der Gegenſtand ſelbſt.

Das Bild eines Gegenſtandes, das eine ſphäriſche Oberfläche zurückwirft, iſt nie genau dem Gegenſtande ſelbſt gleich. So iſt, zum Beyſpiele, das Bild einer geraden Linie nicht wieder eine gerade Linie, ſondern ein Kegelſchnitt, und die Art der krummen Linie, die dadurch entſteht, wird durch die Entfernung des Gegenſtandes beſtimmt.

Die Stärke des Lichtes oder die Hitze der Sonne, die durch die in dem Brennpunkte eines ſphäriſchen hohlen Reflektors geſammelten Strahlen hervorgebracht wird, verhält ſich, wie man annimmt, direkt wie das Quadrat des Durchmeſſers des Reflektors und umgekehrt wie die Hauptbrennweite. Wenn, zum Beyſpiele, zwey Reflektoren A und B einerley Halbmeſſer der Koncavität oder Hohlung haben, der Durchmeſſer von A aber ſechs Zoll und der von B achtzehn Zoll beträgt, dann verhält ſich die Intenſität oder Stärke des Lichtes oder der Hitze bey dem Brennpunkte von A, zu der bey dem Brennpunkte von B, wie ſich eins zu neun verhält. Indeſſen darf man dies Verhältniß doch nicht als genau betrachten.

Die Eigenſchaft eines hohlen Reflektors, ein Bild eines Gegenſtandes vor ſeiner Oberfläche hervorzubringen, hat man oft zu wirklichen Betrügereien oder unterhaltenden Täuſchungen benützt, und auch die darauf ſich gründenden Erfindungen für Geld gezeigt. Folgendes iſt eine leichte Zuſammenſetzung der Art.

Hinter eine Scheidewand F D, Fig. 13. Taf. XIX, die einen kreisförmigen oder länglichten Ausſchnitt, der ohngefähr ſieben Zoll lang iſt, hat, wird ein Hohlſpiegel von ohngefähr einem Fuß im Durchmeſſer geſtellt. Hinter die Scheidewand wird etwa bey E ein Gegenſtand, zum Beyſpiele, eine Blume, aber umgekehrt, geſtellt und vermittelſt an den Seiten angebrachter Lampen erleuchtet, und vor die Scheidewand wird bey D ein Blumentopf oder ein anderes Geſchirr geſtellt. Sieht nun ein bey C befindliches Auge gerade durch den in der Scheidewand angebrachten Ausſchnitt, ſo wird es ein Bild der Blume bey I erblicken und wenn das Licht gehörig gehalten oder eingerichtet wird, nemlich ſo, daß kein Licht von außem dazu kommen kann, ſo iſt die Täuſchung ſo vollkommen, daß der Zuſchauer wohl die Hand ausſtreckt, um den Schatten abzupflücken, den er für eine wirkliche bey I befindliche Blume hält.

Man hat zurückwerfende Oberflächen von mancherley Geſtalten, zum Beyſpiele, zylindriſche, koniſche u. ſ. w. gemacht, der einzige Gebrauch aber, den man von ihnen machen kann, beſteht darinnen, daß man vermittelſt derſelben Unkundige dadurch überraſcht, daß man ihnen von einem unregelmäßig gebildeten Gegenſtande eine zurückgeworfene regelmäßige Geſtalt zeigt, wovon der Grund leicht einzuſehen iſt. Wenn man, zum Beyſpiele, vor einem unregelmäßigen Reflektor einen regelmäßigen Gegenſtand ſtellt, ſo muß nothwendig ein ungeſtaltetes Bild von ihm zurückgeworfen werden; wenn daher der Gegenſtand, etwa ein Gemälde u. dergl. ab-

ſichtlich, nach gewiſſen Regeln, die man leicht durch eine gehörige Beurtheilung der Geſtalt des Reflektors oder durch Verſuche findet, gezeichnet, oder verfertigt wird, ſo wird das davon zurückgeworfene Bild regelmäßig erſcheinen. Solche entſtellte oder verzeichnete Figuren, die man Anamorphoſen nennt, werden von Optikern zugleich mit einem zylindriſchen oder koniſchen Reflektor verkauft. *)

Indeſſen giebt es doch für einen Hohlſpiegel eine Art der Geſtalt, welche allen anderen vorzuziehen iſt, nemlich die paraboliſche; **) denn wenn Strahlen auf einen paraboliſchen Hohlſpiegel mit ſeiner Axe parallel fallen, ſo werden ſie, wie man nach den Grundſätzen von den Kegelſchnitten leicht einſieht, alle zu einem und demſelben Punkte, nemlich zu dem Brennpunkte der Parabel zurückgeworfen, ohne jene krummen Brennlinien zu machen, die durch ſphäriſche Hohlſpiegel hervorgebracht werden. Allein die Verfertigung gut polirter paraboliſcher Spiegel iſt ſehr ſchwer und es giebt in der That noch keine als ſicher bekannte Methode, ſie zu verfertigen.

Die Zurückwerfung des Lichtes von den polirten Oberflächen faſt aller Körper hat nicht nur dann ſtatt, wenn die von dem Gegenſtande ausgehenden einfallenden Strahlen durch die Luft gehen und auf die Oberfläche des feſten oder flüſſigen Körpers fallen, ſondern

*) Wie dergleichen verzerrte Figuren müſſen gezeichnet werden, darüber ſehe man: Smiths Optik, (von Käſtner überſetzt,) B. 2. K. 12. Prieſtley's Geſchichte der Optik, (von Klügel überſetzt,) Th. 2. Abſchn. 5. und die meiſten anderen Schriftſteller über dieſen Gegenſtand. T.

**) Paraboliſche Spiegel ſind Hohlſpiegel, deren hohle Fläche ein Stück der Oberfläche eines Paraboloid's, das iſt eines aus Umdrehung der Parabel um ihre Axe entſtandenen Körpers iſt. T.

auch, wenn ſie durch den flüſſigen oder feſten Körper ſelbſt gehen. Wenn zum Beyſpiele in einem Stück Glas BCDE, Fig. 14. Taf. XIX. ein Fleck A iſt, ſo wird ihn ein bey F befindliches Auge in der Richtung FG ſehen, da das einfallende Licht deſſelben AG durch die Oberfläche BD zurückgeworfen wird. Und dieſe Zurückwerfung wird ſehr ſtark oder vollſtändig, wenn der Einfallswinkel AGH größer als 40° iſt. Daſſelbe geſchieht mit Waſſer unt anderen durchſichtigen Körpern. *) Mehr wird hievon im folgenden Kapitel geſagt werden.

Ein gewöhnlicher flacher Reflektor oder Spiegel beſteht aus einer ebenen polirten Glasplatte, deren Hinterfläche mit einer Platte von Zinnfolie foliirt oder belegt iſt, deren Anhängen an dieſelbe durch Queckſilber bewirkt wird. Zufolge dieſer Einrichtung giebt der Spiegel von jedem Gegenſtande eine doppelte Zurückwerfung, nemlich eine von der oberen Oberfläche und eine andere von der unteren mit der Zinnfolie belegten. Wenn eine Perſon gerade vor dem Glaſe ſteht, ſo fallen die beyden zurückgeworfenen Bilder zuſammen und ſie ſieht nur ein Bild; ſteht ſie aber ſchief davor, wie bey A, Fig. 15. Taf. XIX. und ſieht die Zurückwerfung D eines an der anderen Seite ſtehenden Gegenſtandes BC, ſo wird ſie zwey Bilder ſehen, nemlich ein von der oberen und ein anderes von der unteren Oberfläche des Spiegels EF hervorgebrachtes. Iſt der Gegenſtand BC ſehr hell und leuchtend, wie zum Beyſpiele ein brennendes Licht iſt, ſo wird das bey A befindliche Auge, bey D eine lange Reihe von Lichtern ſehen, die allmählig an Glanze abnehmen. Die Urſache dieſer Erſchei-

*) Wenn ein ſo durch ein Mittel gehender Lichtſtrahl durch die Oberfläche deſſelben zurückgeworfen wird, ſo wird die Zurückwerfung deſto ſtärker ſeyn, je dünner das Mittel iſt, welches das erſtere umgiebt. T.

nung iſt, daß die ſtarke Zurückwerfung von der unteren Oberfläche des Spiegels auf die obere, von dieſer wieder zurückgeworfen wird und dieſe Zurückwerfung wieder von der unteren Fläche u. ſ. w.

Es giebt keine ſo vollkommen durchſichtige Subſtanz, die nicht einige kleine undurchſichtige oder zurückwerfende Theilchen enthielte, die einen Theil des Lichtes zerſtreuen, das ſonſt ganz hindurchgehen würde. Dies iſt die Urſache, warum man die Richtung eines durch ein kleines Loch eindringenden, durch die Luft eines Zimmers gehenden Lichtſtrahles ſehen kann; es geſchieht nemlich wegen der zurückwerfenden Theilchen von Subſtanzen, die in der Luft ſchweben. Daher ſieht man auch das Licht in einem Zimmer außer der wahren Richtung der Strahlen, die durch eine Oeffnung oder ein Fenſter u. ſ. w. kommen.

Wenn Licht auf einen Körper fällt und von ihm zurückgeworfen wird, ſo nimmt man an, daß die Zurückwerfung nicht genau auf der Oberfläche des zurückwerfenden Körpers ſelbſt, ſondern in einer kleinen Entfernung von derſelben ſtatt habe. Einer von den Beweiſen für dieſe Vorausſetzung iſt, daß Körper, die durch Kunſt glatt gemacht worden, das Licht regelmäßig zurückwerfen, ob man gleich findet, daß ihre Oberflächen, wenn man ſie genau durch ein Vergrößerungsglas unterſucht, voller Riſſe und Löcher ſind.

Ich will nun dieſes Kapitel mit der Beſchreibung einer praktiſchen Methode, den Einfalls- und Zurückwerfungswinkel, wie auch die durch Zurückwerfung verloren gehende Lichtquantität zu beſtimmen und zu meſſen, beſchließen.

Es giebt verſchiedene Arten, den Einfalls- und Zurückwerfungs-Winkel zu meſſen, aber die folgende iſt eine der leichteſten. Man laſſe ACB Fig. 16. Taf. XIX. einen Halbkreis ſeyn, der in zweymal neunzig Grade ge-

theilt iſt, und A B ſtelle den Durchſchnitt eines ebenen Spiegels vor. Man bedecke die Oberfläche dieſes Spiegels, bis auf einen ſehr kleinen kreisförmigen Fleck, wie wie bey D, mit Papier. Dann ſtelle man den Halbkreis ſenkrecht auf den Spiegel und zwar ſo, daß der Mittelpunkt deſſelben in die Mitte des unbedeckten Flecks D des Spiegels zu ſtehen kömmt. Wenn dies geſchehen iſt, ſo befeſtige man eine Nadel, oder einen andern kleinen Gegenſtand dicht auf dem Rande des Halbkreiſes, zum Beyſpiele bey E, dem 50ſten Grade, und bewege dann das Auge längs der Seite A F C des Halbkreiſes, ſo wird man blos dann, wenn das Auge bey F, alſo bey dem 50ten Grade des Quadranten A F C iſt, den durch den Spiegel D zurückgeworfenen Gegenſtand E wahrnehmen, woraus erhellet, daß der Zurückwerfungswinkel C D F, dem Einfallswinkel E D C gleich iſt.

Bouguer's Methode die, durch die Zurückwerfung verloren gegangene, Lichtquantität zu beſtimmen, hat D. Prieſtley auf folgende Art beſchrieben: „Er ſtellte „einen Spiegel, oder eine zurückwerfende Oberfläche, B, „Fig. 17 Taf. XIX, mit welchem der Verſuch gemacht „wurde, gerade aufrecht. Dann nahm er zwey Tafeln, „die genau einerley Farbe hatten, oder in gleichem „Grade weiß waren und ſtellte ſie genau parallel gegen „einander, wie bey E und D, und warf nun vermittelſt einer Lampe oder einer Kerze P, die er in einer „geraden Linie zwiſchen ſie ſtellte, Licht auf ſie. Darauf ſtellte er ſich ſelbſt ſo, daß er mit ſeinem bey A „befindlichen Auge die Tafel E und das von dem Spiegel B zurückgeworfene Bild D, zugleich ſehen konnte, „indem er das Auge ſo richtete, daß es ſchiene als berührten ſie ſich einander. Dann bewegte er das Licht „längs der Linie E D, um mehr oder weniger Licht auf „eine der beyden Tafeln zu werfen, bis er in Anſehung „der Stärke des von beyden in ſein Auge geworfenen

„Lichtes keinen Unterſchied mehr bemerken konnte. Jetzt „hatte er nun nichts weiter nöthig, als die Entfernung „E P und D P zu meſſen, denn die Quadrate dieſer „Entfernungen drückten den Grad aus, in welchem die „Zurückwerfung des Spiegels die Lichtquantität vermin„derte. Es iſt einleuchtend, daß, wenn der Spiegel „alle die Strahlen, die er erhalten, zurückgeworfen hät„te, das Licht P, bey C, in einer gleichen Entfernung „von jeder der Tafeln hätte müſſen geſtellt werden, „wenn beyde gleich hätten ſollen erleuchtet werden. Da „nun aber bey der Zurückwerfung viel von dem Lichte „verloren geht, ſo kann man nur dadurch bewirken, „daß ſie beyde gleich erleuchtet erſcheinen, daß man das „Licht näher an die Tafel D ſtellt, die man blos durch „Zurückwerfung ſehen kann.

„Um zu finden, wie viel Licht durch ſchiefe Zurück„werfung verloren geht, nahm er zwey gleich geglät„tete Platten D und E, Fig. 18. Taf. XIX. und er„leuchtete ſie durch das Licht P. Der einen dieſer „Platten D, die durch Zurückwerfung von B bey A ge„ſehen wurde, gab er eine ſchiefe Richtung gegen das „Auge und die andere E ſtellte er ſo, daß ſie an jene „grenzend erſchien; dann entfernte er die Platte E von „jener, bis das Licht, das ſie zurückwarf, nicht ſtärker „mehr war, als das von dem Bilde von D, das bey B „durch Zurückwerfung geſehen wurde und ſchätzte nun „die durch dieſe ſchiefe Zurückwerfung verloren gegan„gene Lichtquantität, durch das Quadrat der Entfer„nungen der beyden Gegenſtände von dem Lichte.

„Es iſt wohl kaum nöthig zu bemerken, daß bey „allen dieſen Verſuchen alles fremde Licht entfernt, das „Auge beſchattet und jede andere Vorſichtsregel beob-

achtet

„achtet wurde, um ſeine Folgerungen über jeden Zwei„fel zu erheben.“ *)

Aller dieſer Vorſichtsmaßregeln aber ohngeachtet, muß man doch eingeſtehen, daß die angegebene Art, das durch Zurückwerfung verloren gegangene Licht zu beſtimmen, keinesweges ſehr genau iſt; indeſſen kenne ich ſelbſt doch keine, die weniger Einwürfen unterworfen wäre. Die Haupturſachen der Unvollkommenheit derſelben ſind: die Schwierigkeit, durch das Urtheil des Auges zu beſtimmen, wenn beyde Gegenſtände gleich hell erſcheinen, und dann auch der Mangel eines ſtrengen auf Verſuche gegründeten Beweiſes von dem Satze: daß Licht wirklich in dem Verhältniſſe der Quadrate der Entfernungen von dem leuchtenden oder ſtrahlenden Punkte abnimmt.

Drittes Kapitel.

Von der Dioptrik oder dem gebrochenen Lichte.

Der Gegenſtand dieſes Kapitels betrifft die Angabe und Erklärung der verſchiedenen Wirkungen, die durch die Brechung des Lichtes durch durchſichtige Mittel hervorgebracht werden. **)

*) S. Prieſtley's Geſchichte der Optik, (überſetzt von Klügel,) Th. 6. Abſchn. 3. T.

**) Ein Mittel (oder Medium) nennt man einen jeden durchſichtigen überall gleich dichten Raum, er mag leer oder gefüllt ſeyn. T.

Wenn ein Lichtſtrahl aus einem Mittel in ein anderes, in einer auf die beyden gegen einander ſtoßenden Oberflächen, oder auf die Verbindung der beyden Mittel ſenkrechten Richtung geht, ſo geht er gerade fort, ohne die geringſte Abweichung von der geraden Linie.

Geht aber der Strahl aus einem Mittel in ein anderes von einer verſchiedenen Dichte, in einer auf die gegen einander ſtoßenden Oberflächen der beyden Mittel ſchiefen Richtung über, ſo wird er und zwar ſo gebrochen, daß er da, wo die beyden Mittel zuſammenſtoßen, einen geradlinigten Winkel macht, denn die Richtung des durch eins von dieſen Mitteln gehenden Strahles iſt geradlinigt, ſo lange das Medium eine gleichförmige Dichtigkeit behält. Iſt aber dieſes in Anſehung der Dichtigkeit beſtändig veränderlich, wie zum Beyſpiele, die atmosphäriſche Luft von der Erde nach oben zu iſt, ſo wird der durch daſſelbe gehende Strahl beſtändig gebogen werden, das heiſt: er wird eine krumme Linie machen.

Wenn ein Lichtſtrahl aus einem dünneren in ein dichteres Mittel, *) oder auch umgekehrt, geht, und man zieht auf die Verbindung der beyden Mittel bey dem Punkte, durch welchen der Strahl geht, eine ſenkrechte Linie, ſo iſt der Winkel, den er mit derſelben in dem dünneren Mittel macht, gewöhnlich größer als derjenige, den er mit ihr in dem dichteren macht.

Dies wird auch mit anderen Worten ſo ausgedrückt, daß man ſagt: bey dem Durchgehen aus einem dünneren in ein dichteres Mittel ſey der Einfallswinkel gewöhnlich größer als der Brechungswinkel und ſo auch umgekehrt.

*) Nicht alles auf einen durchſichtigen Körper fallende Licht geht durch denſelben, ſondern es wird immer ein Theil davon von ſeiner Oberfläche zurückgeworfen. T.

Hiebey hat man beobachtet, daß, wenn ein ſchie⸗ fer Lichtſtrahl durch dieſelben Mittel geht, der Sinus des Brechungswinkels immer das nemliche, (entweder genau oder doch beynahe das nemliche) Verhältniß zu dem Sinus des Einfallswinkels hat und daß auch beym Uebergange des Strahls durch zwey andere Mittel, der Sinus des Brechungswinkels ebenfalls mit dem Sinus des Einfallswinkels in einem gewiſſen, (entweder be⸗ ſtändig oder doch beynahe dem nemlichen) Verhältniſſe ſtehe. Das Verhältniß dieſer beyden Sinus in den beyden letzteren Mitteln aber, iſt verſchieden von dem Verhältniſſe der beyden Sinus in den erſteren Mitteln. Alles dies wird deutlicher werden durch die folgende Erklärung von Fig. 1. Taf. XX.

Man nehme an, daß F G X Z eine Quantität Waſ⸗ ſer ſey. B ſey eine enge Röhre, durch welche die Sonne ſcheint, deren Licht, da die Röhre ſchief gerichtet iſt, bey C ſchief auf das Waſſer fallen muß. Dabey nun, wird daſſelbe durch das Waſſer nicht längs der Linie C Z, welche mit B C in einerley geraden Richtung iſt, ſondern, (wie man, zumal wenn das Waſſer nicht ſehr rein iſt, deutlich ſehen kann), in der Richtung C D ge⸗ hen, indem es mit der Linie A C E, (welche ſenkrecht auf die Oberfläche des Waſſers oder die Grenze der bey⸗ den Mittel, Waſſer und Luft, iſt), den Brechungswinkel D C E, kleiner als den Einfallswinkel A C B macht.

Oder man nehme an, daß verſchiedene Gegenſtände, zum Beyſpiele Kieſel, unter das Waſſer gelegt würden und ein Beobachter durch die geneigte Röhre B, dieſel⸗ ben von P aus betrachte, ſo wird er nicht den Kieſel Z, ſondern den Kieſel D ſehen, da er doch, wenn das Waſſer abgelaſſen würde, den Kieſel Z, nicht aber den Kieſel D ſehen würde.

Wenn um den Mittelpunkt, oder um den Einfalls⸗ punkt C ein Kreis F H E, auf der Fläche der Linien

B C, C D beſchrieben, und von dem Durchſchnitte H des Kreiſes, bey dem einfallenden Strahle, auf die Linie A E eine Senkrechte H K gezogen wird, ſo iſt H K der Sinus des Winkels B C A. Eben ſo: wenn von dem Durchſchnitte I des Kreiſes, bey dem gebrochenen Strahle, eine Senkrechte I L auf die nemliche Linie A E gezogen wird, ſo iſt I L der Sinus des Winkels D C E.

Jn Anſehung dieſes Sinus I L nun, hat man gefunden, daß er immer beynahe drey Viertheile des Sinus H K beträgt, es verhalte ſich dieſer auch wie er wolle. Zum Beyſpiele: wenn die Röhre B bey M angebracht iſt, ſo wird der Sinus des Einfallswinkels M C A ſeyn O R und der Brechungswinkel, oder der Winkel im Waſſer wird Y C E ſeyn, da deſſen Sinus Y Q iſt und Y Q wird, wie oben, beynahe drey Viertheile des Sinus O R betragen.

Es iſt einleuchtend, daß, wenn der einfallende Strahl längs der Linie A C kömmt, der Einfallswinkel ſowohl, als auch der Sinus deſſelben verſchwindet oder Null wird, und daß folglich auch der Brechungswinkel ſammt ſeinem Sinus verſchwinden muß, das heiſt: daß der Lichtſtrahl gerade längs der Linie A C E fortgehen muß. Daher man den Satz aufſtellt: daß, wenn die Lichtſtrahlen in ein Medium oder Mittel in einer Richtung gehen, welche ſenkrecht auf die Oberfläche deſſelben iſt, keine Brechung ſtatt habe.

Wenn man nun ſtatt des Waſſers F G X Z, Glas annimmt, übrigens aber alles wie vorher bleiben läßt, dann wird der Unterſchied des Reſultates darin beſtehen, daß das Verhältniß des Sinus des Brechungswinkels zu dem des Einfallswinkels nicht wie bey dem Waſſer, nemlich wie drey zu vier, ſondern beynahe wie zwey zu drey ſeyn wird, das heißt: die Brechungswinkel werden reſpektive kleiner ſeyn, wenn F G X Z Glas iſt, als ſie ſeyn würden, wenn es Waſſer wäre. Und wenn

F G X Z, anſtatt Waſſer oder Glas zu ſeyn, ein Diamant wäre, dann würde der Brechungswinkel noch kleiner ſeyn, nemlich der Sinus des Winkels in dem Diamant würde ſich zu dem Sinus des Winkels in Luft beynahe wie zwey zu fünf verhalten.

Man hat auf dieſe Art die brechenden Eigenſchaften einer beträchtlichen Anzahl von durchſichtigen Subſtanzen unterſucht und die beſonderen Brechungskräfte derſelben werden in der Folge angegeben werden.

Bey dem angeführten Beyſpiele, wird das Licht, (zum Beyſpiele das Sonnenlicht), welches, indem es durch die Röhre B geht, auf das Waſſer bey C fällt, nicht nur gebogen, ſondern auch ſeinem Durchſchnitt nach vergrößert und die Vergrößerung deſſelben erfolgt in der Ebene C I E B. Es iſt auch merkwürdig, daß das gebrochene und vergrößerte oder zerſtreute Licht, nicht einfarbig iſt, ſondern mit den Farben des Regenbogens bezeichnet erſcheint.

Bey der zweyten Figur der Taf. XX, welche die Abſicht hat, dieſe wunderbare Eigenſchaft zu erläutern, wird durch I C ein kleiner Strahl des Sonnenlichtes vorgeſtellt, der durch die Luft geht und bey C in ein brechendes Mittel eindringt. Durch dieſes Medium wird der Lichtſtrahl auf einem Ausſchnitte in der Geſtalt von v C r zerſtreut, welcher der Zerſtreuungswinkel genannt wird und der ſelbſt in kleinere Sektoren (Ausſchnitte) von verſchiedenen Farben getheilt iſt, indem nemlich zunächſt an der oberen Linie C r das Licht roth erſcheint und von da aus allmählig in Orangenfarbe, gelb, grün, blau, Indigo und zuletzt violet übergeht, welche letztere Farbe der unteren oder Grenzlinie C v, am nächſten iſt.

Eine Linie C m, durch die Mitte des Winkels v C r iſt die mittlere Richtung des gebrochenen Lichtes und m e iſt der Sinus derſelben, oder der Sinus des mitt-

leren Brechungswinkels, da v f und r d die Sinus der äußerſten Linien ſind, da denn v f der Sinus der am ſtärkſten brechbaren Farbe und r d der Sinus der am ſchwächſten brechbaren Farbe genannt wird.

Dieſe Zertrennung des weißen oder farbenloſen Lichtes in verſchiedene Farben bewog Newton zu dem Schluſſe: daß das weiße Licht aus verſchiedenen gefärbten Strahlen beſtehe, oder eine Miſchung derſelben ſey, die, weil ſie auf verſchiedene Art könnten gebrochen werden, durch das brechende Mittel getrennt würden. Hiebey muß aber ſogleich bemerkt werden, daß wenn das Mittel das nemliche iſt, der Zerſtreuungswinkel mit dem mittleren Brechungswinkel immer in Verhältniß ſteht, und daß folglich, wenn der letztere ſehr klein iſt, der Zerſtreuungswinkel viel kleiner ſeyn muß, in welchem Falle dann die verſchiedenen Farben nicht von einander unterſchieden werden können. Iſt hingegen der Einfallswinkel und folglich auch der mittlere Brechungswinkel beträchtlich größer, dann wird der Zerſtreuungswinkel auch ſo groß ſeyn, daß er die verſchiedenen Farben darſtellen kann.

Verſchiedene brechende Mittel haben auch verſchiedene Zerſtreuungspotenzen; wenn, zum Beyſpiele, der Einfallswinkel I C H auch der nemliche bleibt, ſo wird nicht nur der mittlere Brechungswinkel m C E, je nachdem das brechende Mittel A B D G Waſſer oder Glas oder Diamant u. ſ. w. iſt, verſchieden ſeyn, ſondern es wird dies auch der Zerſtreuungswinkel v C r ſeyn. Bey einigen brechenden Mitteln aber wird der mittlere Brechungswinkel größer, indeß der Zerſtreuungswinkel kleiner iſt und bey anderen brechenden Mitteln iſt der mittlere Brechungswinkel kleiner und dargegen der Zerſtreuungswinkel größer. Kurz, die Kenntniß von der mittleren brechenden Potenz einer gegebenen Subſtanz ſetzt

uns nicht in den Stand ihre zerſtreuende Potenz zu beſtimmen, und ſo auch umgekehrt.

Wärme oder eine Erhöhung der Temperatur, verſtärkt überhaupt, obgleich nicht ſehr, die brechende Potenz oder Kraft durchſichtiger und beſonders flüſſiger Körper.

Die nachſtehende Tabelle enthält die mittlere Brechung aus Luft in die folgenden Mittel. Die erſte Kolumne enthält die Subſtanzen; die zweyte drückt den Sinus des Einfallswinkels aus, wobey der Brechungswinkel für eins gerechnet wird; und die dritte drückt in proportionalen Zahlen die zerſtreuenden Potenzen oder Kräfte aus, wobey die des Waſſers als 100 angenommen wird. So verhält ſich, zum Beyſpiele, der Einfallsſinus zu dem der Brechung aus Luft in Flintglas, wie ſich 1,5998 zu 1, oder wie ſich 1,6 zu 1 verhält. Und die zerſtreuende Kraft des nemlichen Glaſes verhält ſich zu der des Waſſers, wie ſich 227 zu 100 verhält *).

*) Die verſchiedenen Artikel dieſer Tabelle ſind nach Newtons, Eulers, Zeichers, Hauskbees, Martin's Rochon's und anderer Verſuchen geſammelt. Es hätte leicht eine große Menge anderer Subſtanzen, zum Beyſpiele, Salzſolutionen, Holzdekokte oder Aufgüſſe ꝛc. noch beygefügt werden können, allein ſie ſind mit Bedacht aus derſelben geblieben, nemlich hauptſächlich wegen ihrer unbeſtimmten und ſchwankenden Beſchaffenheit. Man ſehe in der Tabelle den Artikel: deſtillirter Eſſig.

Nach folgenden Punkten kann man ſich eine Vorſtellung von der wirklichen Größe der zerſtreuenden Potenz oder Kraft des Flintglaſes machen: Der Sinus des Einfallswinkels verhält ſich zu dem Sinus des Brechungswinkels der aus Luft in Flintglas am wenigſten brechbaren oder rothen Strahlen, wie ſich 1, 5889 zu 1 verhält und der Sinus des Einfallswinkels verhält ſich zu dem der Brechung der am brechbarſten oder violetten Strahlen, wie ſich 1, 6107 zu 1 verhält. Mehr hievon im Folgenden.

	Einfalls-Winkel	Zerſtreu-ung.
Weißes Flintglas, deſſen ſpezifiſche Schwere 3,29	1,600	180
Glas aus Mennige und Kieſel in dem Verhältniſſe von M 3 : F 1 —	1,028	709
2 : 1 —	1,830	524
1 : 1 —	1,787	482
$\frac{3}{4}$: 1 —	1,732	325
$\frac{1}{2}$: 1 —	1,724	265
$\frac{1}{4}$: 1 —	1,664	200
Gemeine Glasplatten oder Kutſchenglas deſſen ſpezifiſche Schwere 2,76	1,573	165
Kronenglas, deſſen ſpezifiſche Schwere 2,52	1,532	148
Gelbe Platten oder venetianiſches Glas, deſſen ſpezifiſche Schwere 2,52	1,532	
Braſilianiſcher Kieſel, deſſen ſpezifiſche Schwere 2,62	1,532	159
Glas, zum emailliren, mit Gold roth gefärbt	1,715	290
Glas aus Saint Gobin in Frankreich	1,543	149
Ein Diamant nach Newton	2,439	
Ein Diamant nach Rochon	2,755	286
Bergkryſtall *) —	1,561	121
Bergkryſtall *) —	1,575	124
Isländiſcher Kryſtall nach Newton	1,666	
Isländiſcher Kryſtall	1,562	169
Isländiſcher Kryſtall nach Rochon *)	1,625	233
Ambra	1,556	

(Unter der brechenden Kraft verſteht Newton diejenige Kraft, mit welcher das brechende Mittel den Strahl nach der Richtung des Einfallsloths anzieht und gleichförmig beſchleunigt. A. d. Ueberſ.

*) Durchſichtige Mineralien dieſer Art gewähren eine doppelte und oft eine vervielfältigte Strahlenbrechung, das heiſt, man ſieht durch ſie den Gegenſtand doppelt, oder dreyfach u. ſ. w. und jede Brechung iſt mit einer anderen Zerſtreuung verbunden. Dieſe Wirkung iſt ſehr ſichtbar bey dem Isländiſchen Kryſtall. Es giebt aber auch noch einige andere durchſichtige mineraliſche Körper, die auch eine doppelte, ja ſelbſt eine vielfache Brechung geben.

	Einfalls-Winkel.	Zerſtreu-ung.
Ein gelber unächter Topas	1,643	
Glas von Antimonium oder Spießglanz	1,889	
Alaun	1,458	
Borax	1,467	
Salpeter	1,524	
Kampher	1,500	
Arabiſches Gummi	1,477	

Flüſſigkeiten.

Deſtillirtes Waſſer	1,336	100
Regenwaſſer	1,336	
Brunnenwaſſer zwiſchen 1,336 und	1,337	
Waſſer, mit gemeinem Salz geſättigt	1,375	122
Eine Solution von gemeinem Salze, Waſſer 27, Salz 1	1,348	
Zucker-Solution, Waſſer 27, Zucker 1	1,346	
Mineralalkali-Solution	1,352	
Ammoniakſalz-Solution	1,382	134
Pflanzenalkali- oder Kali-Solution	1,390	
Kalkwaſſer	1,334	
Schwefelſäure	1,426	
Salpeterſäure	1,412	154
Deſtillirter Eſſig { Euler	1,344	
Deſtillirter Eſſig { Rochon	1,335	
Deſtillirter Eſſig { Hauksbee	1,372	
Ammoniak, oder ätzendes flüchtiges Alkali	1,349	
Hirſchhorngeiſt	1,339	
Franzbranntewein	1,360	
Derſelbe, aber von ſtärkerer Art	1,365	
Sehr rektifizirter Weingeiſt oder Alkohol	1,371	
Olivenöl	1,465	
Wachsöl	1,452	
Lavendelöl	1,469	
Zimmtöl	1,534	
Saſſafrasöl	1,544	
Terpentinöl	1,482	
Terpentingeiſt	1,562	

	Einfalls-Winkel.
Ambraöl	1,501
Die kryſtalliniſche Feuchtigkeit eines Ochſenauges	1,463
Das Weiße eines Eyes { Euler	1,368
Das Weiße eines Eyes { Hauksbee	1,351
Der leere Raum *)	0,999

Folgende Bemerkungen über die vorſtehende Tabelle verdienen beachtet zu werden.

Ueberhaupt erſieht man aus derſelben, daß die dichteren Körper, alſo ſolche, die eine größere ſpezifiſche Schwere haben, das Licht ſtärker brechen oder beugen, als die minder dichten, jedoch mit der Ausnahme, (wie Newton ſagt, †) daß fettige und ſchwefligte Körper ſtärker brechen als andere eben ſo dichte.

Es giebt keine Subſtanz, die man in Anſehung der brechenden Kraft zwiſchen Luft und Regenwaſſer oder deſtillirtes Waſſer ordnen könnte. Die brechende Eigenſchaft des Diamanten iſt größer, als die irgend einer

*) Dieſe Art der Brechung der Luft wird durch die von den Aſtronomen beobachtete Brechung der Atmosphäre beſtimmt. Denn das Licht mag auch durch noch ſo viele, allmählig immer dichter und dichter werdende Mittel gehen, ſo wird die Summe aller der Brechungen der einzelnen Brechung gleich ſeyn, die es beym unmittelbaren Eindringen in das letzte Mittel aus dem erſten, würde erfahren haben. Die ganze Brechung des Lichtes bey ſeinem Durchgange durch die Atmosphäre muß alſo der Brechung gleich ſeyn, die es würde erlitten haben, wenn es mit der nemlichen ſchiefen Richtung aus einem leeren Raume unmittelbar in Luft übergegangen wäre, die mit derjenigen, die ſich in der unterſten Schicht der Atmosphäre befindet, einerley Grad der Dichtigkeit gehabt hätte. S. Newtons Optik B. 2. Th. 3. Prop. 10.

†) Newtons Optik B. 2. Th. 3. Prop. 10.

anderen bekannten Subſtanz. *) Geiſtige Liquoren haben im Verhältniß ihrer Stärke eine größere reſpektive Brechungskraft und Terpentingeiſt iſt unter den Flüſſigkeiten die am ſtärkſten brechende.

Ich komme nun zur Unterſuchung des farbigen Lichtes ſelbſt, oder zur Unterſuchung der verſchiedenen Farben, in welche das weiße Licht, (dergleichen das Sonnenlicht, das Licht einer Kerze u. ſ. w. iſt,) durch Brechung getheilt wird, und da dieſe Theilung, oder der Zerſtreuungswinkel in einem gegebenen Mittel mit dem Einfallswinkel in Verhältniß ſteht, ſo wurde es, um die verſchiedenen Farben u. ſ. w. mit größerer Genauigkeit unterſuchen zu können, nothwendig, das Sonnenlicht durch ein Loch in ein dunkles Zimmer zu leiten und es mit einem großen Einfallswinkel auf ein brechendes Mittel fallen zu laſſen, und man hat gefunden, daß gläſerne Prismen zur Erreichung des vorgeſetzten Zweckes die beſten ſind.

Fig. 3. Taf. XX. ſtellt ein dreyeckiges gläſernes Prisma, das heißt ein Stück Glas vor, das zwey

*) Dieſe Eigenſchaft brachte Newton auf die Vermuthung, daß der Diamant wohl, wie die Oele, Harze u. ſ. w. eine fettige Eigenſchaft haben, alſo eine verbrennliche Subſtanz ſeyn möchte, welche ſeine Meinung auch wenige Jahre darauf wirklich durch Verſuche beſtätiget wurde. Man ſehe deſſen Optik B. 2. Th. 3. Prop. 10. — Aber auch ſchon vor Newton hat Boetius, wiewohl aus andern Gründen, das nemliche vermuthet. Er bemerkt nemlich, daß wäſſerige Subſtanzen ſich an andere wäſſerige Subſtanzen, aber nicht an fettige Körper, und daß dieſe ſich an andere fettige Körper anhängen, und ſetzt dann hinzu: „daß ſich „ſelbſt der Maſtix, der doch feuriger Natur iſt, leicht mit „dem Diamanten vereinigen läßt, iſt ein Zeichen von der „Aehnlichkeit des Weſens beyder Körper und ein Beweis „davon, daß der Stoff des Diamanten feurig und ſchweflig iſt. Gemmarum et lapidum hiſtoria lib. II.

dreyeckige und parallele Grundflächen ABC und DFE und drey flache einander parallel gegenüberſtehende Seiten hat. *) AD, CE, BF ſind die Winkel des Prisma. Eine durch die Mittelpunkte der Baſen gehende Linie heißt die Axe. Geht nun ein Lichtſtrahl durch das Prisma, indem er auf der einen ſeiner Parallelſeiten einfällt und an der anderen wieder hinausgeht, ſo wird der Winkel, den dieſe beyden Seiten machen, der brechende Winkel des Prisma genannt.

Bey AB, Fig. 4. Taf. XX. iſt ein Theil eines Fenſterladens abgebildet, durch welchen kein anderes Licht in das Zimmer dringen kann, als was durch das Loch C hineinfällt. Wird nun das Licht, von dem in dem gegenwärtigen Falle angenommen wird, daß es Sonnenlicht ſey, in irgend einer Entfernung von dem Loche, etwa bey F, durch einen Schirm aufgefangen, ſo wird auf dem Schirm ein Bild von der Sonne, oder ein kreisförmiger leuchtender Fleck gebildet werden, der, hauptſächlich wegen des Durchmeſſers der Sonne, einen größeren Durchmeſſer als das Loch bey C hat, denn die Lichtſtralen, die von den verſchiedenen Punkten der Oberfläche der Sonne ausfahren und durch das Loch gehen, müſſen ſich an jener Stelle durchkreuzen und nun in dem Zimmer divergirend oder auseinanderfahrend, alſo in Kegelgeſtalt fortgehen.

*) Es giebt auch hohle Prismen, das heiſt ſolche, deren Seiten aus flachen Glasplatten beſtehen. Man kann ſie mit verſchiedenen Flüſſigkeiten anfüllen, um die brechende Kraft dieſer Flüſſigkeiten zu beſtimmen. Oft werden ſie auch ſo gemacht, daß ſich die Glasplatten zwiſchen zwey feſten metallenen Baſen bewegen, wodurch der Brechungswinkel des Prisma nach Willkühr kann verändert werden.

Man verſieht auch die Baſen der Prismen mit metallenen Hauben und Zapfen, wie bey AB Fig. 6. Taf. xx., um ſie bequem um ihre Axen drehen zu können.

Man ſtelle ein gläſernes Prisma DOE ſo vor das Loch, daß das Licht in einer auf die Axe des Prisma ſenkrechten Richtung durch jenes fallen könne, ſo wird dieſes Licht, indem es durch das Prisma geht, anſtatt gerade von E zu F zu gehen, ſo gebogen und zerſtreut werden, daß es auf einem Schirme, den man in einiger Entfernung von dem Prisma, aber unter der geraden Richtung CF, anbringen muß, ein Farbenbild GH macht. Der Winkel FES, den die gerade Richtung mit der mittleren Richtung des gebrochenen Lichtes dabey macht, wird der Abweichungswinkel genannt.

Das dem Auge höchſt reizend erſcheinende Farbenbild GH iſt ohngefähr fünfmal ſo lang als es breit iſt, und mit krummen oder halbkreisförmigen Linien begrenzt. Der oberſte Theil G deſſelben iſt von einer ſchönen rothen Farbe, die durch unmerkliche Schattirungen in eine orange, dann in eine gelbe, eine grüne, eine blaue, eine indigo und eine violette Farbe, welche letztere die nächſte bey H, alſo dem unterſten Theile des Farbenbildes iſt, übergeht.

Man ſieht alſo, daß dieſes Farbenbild aus ſieben verſchiedenen Farben beſteht. Allein ein unbefangener Zuſchauer wird es ſchwer finden, die Zahl derſelben zu beſtimmen. Newton ſetzte ſie auf ſieben und betrachtete die Zwiſchenſchattirungen als fremdartige Farben oder als Miſchungen, aus einigen der ſieben Farben beſtehend. *) Nollet dargegen glaubte Gründe zu der Meinung zu haben, daß die orange, die grüne und die indigo Farbe, die drey einfachen oder urſprüngliche oder gleichartige Farben **) ſeyen. Einige haben fünf einfache oder

*) Man ſehe ſeine Optik.

**) (Nemlich im Gegenſatze der gemiſchten.) Man ſehe Nollets Vorleſungen über die Phyſik Theil 5. S. 388. — D'Alemberts mathematiſche Schriften Th. 3. S. 393. Rochons Unterſuchungen über die Natur des Lichtes der Fixſterne.

oder urſprüngliche Farben angenommen, und andere erkannten, da ſie beobachteten, daß alle Arten von Farben augenſcheinlich dadurch können hervorgebracht werden, daß roth, gelb und blau in den gehörigen Verhältniſſen miteinander vermiſcht werden, auch nur dieſe als urſprüngliche, gleichartige oder einfache Farben an. Indeſſen begünſtigen doch mehrere Erfahrungen und Beobachtungen, die in der Folge noch werden angeführt werden, vorzüglich Newton's Theorie.

Man hat es auf mehrerley Arten verſucht, die Farben des Farbenbildes von einander unterſchieden und unvermiſcht darzuſtellen, allein es iſt dies bis jezt noch nicht vollkommen gelungen. Auf die folgende Art ſcheint man der Erreichung dieſer Abſicht am nächſten kommen zu können.

Man laſſe das Sonnenlicht durch ein ohngefähr ein Zehntheil eines Zolles großes Loch in ein finſteres Gemach fallen. In einer kleinen Entfernung, (zum Beyſpiele, von ſechs Zollen), von demſelben, ſtelle man in das Zimmer einen Schirm, der mit einem ähnlichen Loche verſehen iſt, und laſſe den mittelſten Theil jenes Lichtes durch daſſelbe gehen, um dadurch ſo ſehr als möglich das unbeſtimmte Licht, oder den Halbſchatten an den Seiten des Farbenbildes zu entfernen. Jenes ſo erhaltene Licht laſſe man nun in ſenkrechter Richtung auf eine, ohngefähr zehn Fuß weit von dem Schirm entfernte erhabene Linſe fallen, ſo wird dadurch ein deutliches gut umſchriebenes Bild von der Sonne, auf einem in gehöriger Entfernung von der Linſe geſtellten Schirm hervorgebracht werden; wird nun gleich hinter dieſe Linſe ein Prisma geſtellt, ſo daß das Licht, nachdem es durch jene gegangen auch durch das Prisma gehen und durch daſſelbe gebrochen werden kann, ſo wird auf dem Schirme ein Farbenbild erzeugt werden. Man ſehe Fig. 12 Taf. XX.

Die langen Seiten dieſes Farbenbildes ſind ſehr gut begrenzt, oben und unten aber iſt es kreisförmig abgerundet, und die ganze Länge deſſelben beſteht aus kreisförmigen farbigten Bildern von der Sonne, die, beſonders gegen die Mitte oder gegen die Axe des Farbenbildes, in einander treten; indeſſen ſind doch die hervorſtechendſten Farben auch mehr oder ſtärker, beſonders an den Seiten des Farbenbildes von einander zu unterſcheiden, ſo daß man die Grenzlinien derſelben ziemlich genau bemerken kann *).

Bey Fig. 7 Taf. xx iſt ein ſolches Farbenbild abgebildet und die Linien F M, b a, d c, f e, h g, k i, m l u. ſ. w. ſind durch die Mittelpunkte der zu den ſieben Hauptfarben gehörigen Hauptkreiſe gezogen. Die Räume, welche dieſe verſchiedenen Farben einnehmen, ſind nicht gleich. Wenn die Länge des Farbenbildes von I bis zu M in 360 gleiche Theile getheilt wird, ſo wird man finden, daß die rothe Farbe den Raum M F b a, deſſen Länge M a, 45 ſolchen Theilen gleich iſt, einnimmt; die Länge a c der Orangenfarbe a b d c, wird 27 ſolchen Theilen gleich ſeyn; die Länge c e der gelben Farbe 48; die der grünen und der blauen 60: die der Indigofarbe 40 und endlich die Länge l I der violetten Farbe l m n I, wird 80 jener Theile gleich ſeyn.

Es iſt höchſt merkwürdig, daß die Linie I M durch jene Abtheilungen a, c, e, g, i, l, I, faſt völlig wie eine muſikaliſche Saite eingetheilt wird. Wenn man annimmt, daß die Seite I M des Farbenbildes ſo hervorgebracht worden, daß M X = I M wird, ſo wird man finden

*) Soll die Abſicht des Verſuchs erreicht werden, ſo muß das Prisma und die Linſe ſehr gut ſeyn und ſo wenig Adern, Blaſen, Riſſe u. ſ. w. haben, als möglich iſt. Auch muß der Verſuch nach allen ſeinen Theilen mit möglichſter Genauigkeit gemacht werden, alles fremde Licht von dem Zimmer entfernt ſeyn u. ſ. w.

daß I X $\frac{8}{9}$ von I X; i X $\frac{5}{6}$ von I X; g X $\frac{3}{4}$, e X $\frac{2}{3}$, c X $\frac{3}{5}$, a X $\frac{9}{16}$ und M X $\frac{1}{2}$ von I X iſt, ſo daß, wenn I X eine einer Violinſaite ähnliche muſikaliſche Saite wäre und einen gewiſſen muſikaliſchen Ton, zum Beyſpiele, C ausdrückte, dann die Länge I X, D oder die Sekunde; i X Es oder die kleine Terz; g X, F oder die Quarte; e X G oder die Quinte; c X, A oder die große Sexte; a X, B, oder die kleine Septime und M X, C oder die Octave ausdrücken würde. Ich muß jedoch hiebey bemerken, daß man die Abtheilungen des Farbenbildes nicht ſehr genau abgeſchnitten erhalten kann, und daß, wenn man ſie auch immer ganz beſtimmt auf die angegebene Art, welches genau dieſelbe iſt, wie Newton ſie angegeben, *) erhalten könnte, doch die Folge der dieſen Abtheilungen entſprechenden Noten, keineswegs regelmäßig iſt, da ſich eine kleine Terz mit einer großen Sexte und einer kleinen Septime, in einer Octave ſchwerlich gut ausnehmen würde.

Es iſt einleuchtend, daß das weiße Licht aus farbigen Strahlen, die eine verſchiedene Brechbarkeit haben, beſteht, indem der rothe am ſchwächſten und der violette am ſtärkſten brechbar iſt. †) Die folgenden Verſuche werden dieſe Theorie erläutern und beſtätigen.

*) S. deſſen Optik B. 1. Th. 2. Verſuch 7.

†) Es iſt oben geſagt worden, daß ſich der Einfallsſinus zu dem Brechungsſinus von Luft in Glas beynahe wie 3 zu 2 verhält; wenn man alſo die Proportion umkehrt, ſo verhält ſich der Einfallsſinus zu dem Brechungsſinus von Glas in Luft, wie 2 zu 3. Wenn nun das Prisma Fig. 4 ſo um ſeine Axe gedreht wird, daß der Lichtſtrahl C O ſenkrecht auf die Seite D O fallen kann, ſo wird dieſer Strahl von C zu E nicht gebrochen werden; da er aber ſchief auf die Seite D E des Prisma fällt, ſo wird er, indem er aus dem Glaſe bey E in die Luft geht, gebrochen werden. Wenn nun der Sinus des Einfallswinkels des Strahles C O E auf die Sei-

Man laſſe einen Lichtſtrahl auf ein Prisma SVT, Fig. 5. Taf. XX., fallen, nachdem man in einiger Entfernung von demſelben zwey Schirme oder Breter PQ, pq, die beyde ein kleines Loch X, x haben, aufgeſtellt und hinter dem Schirm pq ein zweytes Prisma svt, in der auf der Figur angegebenen Stellung angebracht hat, ſo wird das gebrochene Licht das gewöhnliche Farbenbild auf dem Schirme PQ darſtellen. Wenn man nun, indem man das Prisma SVT langſam um ſeine Axe dreht, die Strahlen der verſchiedenen Farben auf einander folgend durch die zwey Löcher X, x und durch das Prisma svt fallen läßt, ſo wird man auf der Wand oder dem Schirme Yy ein kreisförmiges Bild der Sonne erblicken, das ſeine Farbe in Gemäßheit des Strahles verändert, der es erzeugt, und das auf eben die Art auch ſeine Stelle verändert, ſo daß, wenn das Bild roth iſt, die Stelle deſſelben, zum Beyſpiele, bey Z, wenn es aber gelb iſt, ſeine Stelle höher als Z und wenn es grün iſt, deſſen Stelle noch höher ſeyn wird, und ſo fort, denn die gelben Strahlen ſind brechbarer, das heiſt: ſie werden durch das Prisma ſtärker gebrochen als die rothen, die grünen werden ſtärker gebrochen als die gelben u. ſ. w.

Wenn das durch ein Prisma gebrochene und zerſtreute Licht wieder auf einem anderen Prisma AB,

te DE 50 gleich war, ſo fand Newton den Brechungsſinus für den rothen Strahl, oder den äußerſten Theil EG des Farbenbildes 77, und den Brechungsſinus für den violetten, oder äußerſten Theil EH des Farbenbildes 78 gleich. Da er nun die Differenz zwiſchen 77 und 78 in dem nemlichen Verhältniß theilte, als das Farbenbild AGFM Fig. 7 getheilt iſt, ſo erhielt er die folgenden Sinus für die Grenzlinien der ſieben verſchiedenen Farben, nemlich: 77, $77\frac{1}{8}$, $77\frac{1}{5}$, $77\frac{1}{3}$, $77\frac{1}{2}$, $77\frac{2}{3}$, $77\frac{7}{9}$, 78; das heiſt, die Sinus der rothen Strahlen ſind zwiſchen 77 und $77\frac{1}{8}$; die der orangen Strahlen ſind zwiſchen $77\frac{1}{8}$ und $77\frac{1}{5}$ u. ſ. w.

Fig. 6., das in einer ſenkrechten Richtung auf jenes angebracht ſeyn muß, aufgefangen wird, ſo wird dadurch das Farbenbild aus ſeiner urſprünglichen Lage MN verrückt und in die geneigte oder ſchiefe Lage ZY gebracht. Die Breite und die Farben deſſelben aber bleiben dabey unverändert. Wäre nun die Verlängerung des weißen Lichtſtrahles und deſſen Auflöſung in verſchiedene Farben eine blos durch das Prisma bewirkte Modification oder Abwandlung des Lichtes, ſo müßte das andere Prisma AB das Farbenbild in der Breite ausdehnen, ſo daß es die vierſeitige breite Figur ZmYn bildete; anſtatt deſſen aber findet man, daß die Farben und die Breite derſelben unverändert bleiben und daß das Farbenbild durch die brechende Kraft des Prisma blos aus ſeiner urſprünglichen Lage MN verrückt wird, wobey die violetten Strahlen am weiteſten, nemlich von M bis zu Z verſchoben werden, weil ſie die brechbarſten ſind, und dargegen die rothen Strahlen am wenigſten verrückt werden, nemlich von N bis zu Y, weil ſie am wenigſten brechbar ſind, und die anderen Strahlen zwiſchen dieſen beyden Endſtrahlen in der Ordnung kommen.

Wenn der gebrochene und zerſtreute Sonnenlichtſtrahl auf einem hohlen Reflektor, wie CD Fig. 8. Taf. xx. aufgefangen wird, ſo werden die verſchieden gefärbten Strahlen in einen Brennpunkt A zurückgeworfen, wo ſie ein weißes, farbenloſes Bild der Sonne darſtellen. Wird aber einer von den Strahlen dadurch, daß man einen-Draht oder einen anderen dunkeln oder undurchſichtigen und zarten Körper zwiſchen das Prisma und den Reflektor, wie bey B, einſchiebt, gehemmt, ſo wird das Bild A mit irgend einer gemiſchten Farbe gefärbt, zum Beweiſe, daß das weiße Licht aus gefärbten Strahlen beſteht, die nach einem gewiſſen Verhältniſſe durch einander gemiſcht ſind, und daß es dadurch her-

vorgebracht wird, daß die Strahlen der ſieben Haupt-farben in dieſem gehörigen Verhältniſſe durcheinander gemiſcht werden. Weiß entſteht alſo durch eine gewiſſe Miſchung von Farben und ſchwarz entſteht von einer Hemmung oder der Einſchluckung aller Farben. — Hinter dem Brennpunkte A werden die Farben wieder getrennt und das Bild erſcheint farbig.

Wird, wenn man dadurch, daß man durch ein Prisma Licht auf einen Schirm hat fallen laſſen, ein Farbenbild hervorgebracht hat, ein kleines Loch in den Schirm gemacht, ſo daß blos die Strahlen einer Farbe durchgehen können, ſo nimmt alles, was man in dieſem gleichartigen Lichte ſieht, dieſe beſondere oder einzelne Farbe an. Wenn daher blos das rothe Licht durch das Loch gegangen iſt, und man läßt es hinter dem Schirme auf Blut, oder Gras oder Milch u. ſ. w. fallen, ſo werden dieſe Körper alle roth erſcheinen, nur daß das Blut noch ſtärker roth als Gras und Milch ſeyn wird. Hat man blos das blaue Licht durchfallen laſſen, ſo werden jene drey Subſtanzen blau erſcheinen und gleiche Bewandniß hat es auch in Anſehung der übrigen Farben.

Wird dieſes gleichartige oder einfache Licht hinter dem Schirme auf einem anderen Prisma aufgefangen, ſo wird es durch daſſelbe zwar gebrochen, das heiſt: gebogen, aber nicht zerſtreut, ſo daß es auf dem Schirme einen kreisförmigen einfarbigen Fleck bildet.

Werden in den Fenſterladen eines verfinſterten Zimmers zwey, ohngefähr einen Fuß von einander entfernte Löcher gemacht, und vor jedes derſelben ein Prisma zur Auffangung des Lichtes geſtellt, ſo werden dadurch zwey Farbenbilder auf dem Schirme gebildet, und dreht man die Prismen langſam um ihre Achſen, ſo kann man dadurch bewirken, daß beyde Farbenbilder auf einander fallen. — Läßt man auf dieſe Art die gelbe Farbe des

einen Farbenbildes auf die blaue des andern fallen, ſo wird die Vermiſchung dieſer beyden Farben an dieſer Stelle die grüne hervorbringen. Macht man dann genau an dieſer Stelle ein Loch in den Schirm, ſo wird dieſe grüne Farbe durch daſſelbe hinter den Schirm fallen und auf einem anderen hinter jenen zur Auffangung des Farbenſtrahls geſtellten Schirm, ein grünes kreisförmiges Bild hervorbringen. Bringt man nun genau hinter dem Loche des erſten Schirms den brechenden Winkel eines Prisma an, ſo wird dadurch das Bild auf dem zweyten Schirme, nicht nur von ſeiner Stelle verrückt, ſondern es wird auch länglich und an dem einen Ende mit einem gelben Saum oder Rand, an dem anderen aber mit einem blauen erſcheinen, weil dieſer Fleck, oder dieſes Bild, aus zwey urſprünglichen Farben, die eine verſchiedene Brechbarkeit haben, beſteht. Das nemliche gilt auch von jeder anderen, durch die Miſchung zweyer urſprünglichen prismatiſchen Farben, entſtandenen Farbe, denn jede Vermiſchung von zweyen dieſer Farben, bildet eine Zwiſchenfarbe, oder ſieht vielmehr wie eine ſolche aus; ſo bildet roth und gelb eine orange, blau und veilchenblau eine indigo Farbe u. ſ. w.

Wird eben dieſer Verſuch mit nur einer Farbe des Farbenbildes gemacht, das heiſt: läßt man durch ein in dem Schirme angebrachtes Loch nur eine einzelne prismatiſche Farbe, zum Beyſpiele die grüne, gehen, ſo bekömmt das Bild davon die nemliche Farbe; es wird nemlich grün und kreisförmig. Bringt man nun ein Prisma hinter das Loch des erſten Schirms, ſo wird das grüne Bild zwar aus ſeiner Stelle gerückt, aber nicht verlängert und auch die Farbe deſſelben wird nicht verändert, weil dieſes Bild nur aus einer gleichförmigen, urſprünglichen Farbe beſteht *).

*) Newtons Optik B. 1. Th. 2. Prop. 4.

Dieſes beweiſt, daß obgleich die grüne, oder jede andere prismatiſche Farbe aus zwey anderen Farben gebildet werden kann, doch jede dieſer Farben in dem prismatiſchen Farbenbilde eine urſprüngliche gleichförmige (einfache) oder gleichartige Farbe iſt.

Wenn man durch ein Prisma irgend einen Gegenſtand betrachtet, ſo wird er, beſonders wenn er weiß und gut erleuchtet iſt, oben und unten mit Farben begrenzt erſcheinen. Dies kömmt daher, daß die Farben des von dem Gegenſtande kommenden Lichtes durch das Prisma gebrochen, und zwar nach den verſchiedenen Graden ihrer Brechbarkeit, mehr oder weniger gebrochen werden; daher erſcheint nicht nur das ganze Bild an einer von der wirklichen Richtung verſchiedenen Stelle, ſondern die indigoblaue und die veilchenblaue Farbe, werden auch weiter entfernt als die rothe, die orange u. ſ. w. Farbe. Wenn alſo, zum Beyſpiele, ein Auge O, Fig. 9 Taf. XX durch das Prisma P auf ein Stück weißes Papier A B ſieht, ſo erſcheint dieſes Papier, das man ohne Prisma weiß und an ſeiner wahren Stelle ſehen würde, durch daſſelbe angeſehen, bis zu der Stelle C E erhoben und auch verlängert und oben und unten mit farbigen Säumen oder Rändern begrenzt; und zwar ſo, daß die indigoblaue und veilchenblaue Farbe oben, die rothe, orange und gelbe unten erſcheint. Denn das Prisma bildet dadurch, daß es die verſchiedenen Farben verſchieden bricht, in der That ſieben Bilder auf dem Papiere, von denen das veilchenblaue das höchſte iſt, auf welches dann die übrigen, nemlich das indigo, das blaue, das grüne, das gelbe, das orangengelbe und zuletzt das rothe folgen, weil die rothen Strahlen den geringſten Grad der Brechbarkeit haben. Nun iſt es aber leicht einzuſehen, daß alle dieſe Bilder gegen die Mitte g h i m, durch einander gemiſcht ſind, und daß folglich das Papier daſelbſt auch weiß erſcheinen müſſe, und da

ſie gegen i m und g h anfangen weniger gemiſcht zu ſeyn, ſo müſſen auch an dieſen Stellen die Farben anfangen zu erſcheinen u. ſ. w.

Es iſt nothwendig an dieſer Stelle einer, die Zurückwerfung des Lichtes betreffenden Beobachtung zu erwähnen, die ich, vor der Entwickelung der Theorie von den verſchiedenen Arten der Brechbarkeit farbiger Strahlen, nicht gut würde haben erklären können. Ich will zu dem Ende derſelben eine nützliche praktiſche Methode den Gang eines Lichtſtrahls durch ein Prisma, oder überhaupt durch jedes brechende Mittel zu verfolgen, vorangehen laſſen.

Man laſſe H I K, Fig. 10. Taf. xx. ein gläſernes Prisma vorſtellen, deſſen Winkel bey H 60° gleich iſt, und A B einen durch eine enge Röhre A kommenden Lichtſtrahl, der bey B auf die Seite des Prisma fällt. Dann ziehe man L B G ſenkrecht auf die Oberfläche des Prisma bey B, ſo iſt A B L der Einfallswinkel, den man als 38° gleich annehmen muß. Darauf ſuche man in den trigonometriſchen Tafeln den Sinus von 38°, welcher 61566 iſt; dann ſage man — weil ſich der Sinus des Einfallswinkels zu dem der Brechung aus Luft in Glas wie 3 zu 2 verhält, *) wie ſich 3 zu 2 verhält, ſo verhält ſich 61566 zu einer vierten Proportionale,

*) Ich habe hier das Verhältniß von 3 zu 2 angenommen, um Brüche zu vermeiden; aber es iſt klar, daß man auch jedes anderen Verhältniſſes ſich bedienen könne. Bey wirklichen Verſuchen muß man das Verhältniß des Einfallsſinus zu dem der Brechung für irgend eine beſondere Subſtanz nach der S. 176 befindlichen Tafel nehmen. Und kömmt es auf Genauigkeit an, ſo muß das Verhältniß für irgend einen beſonderen farbigen Lichtſtrahl, von der zerſtreuenden Eigenſchaft der Subſtanz, von der die Rede iſt, abgeleitet werden, welche aus der nemlichen Tafel und dem was S. 184 iſt geſagt worden, gefunden werden kann.

nemlich zu 41044, welche der Sinus von 24°,14ʹ iſt, wie nach jenen Tafeln erhellet. Man mache alſo den Winkel G B C, 24°, 14ʹ gleich und B C iſt der Lauf des durch das Prisma gebrochenen Lichtſtrahles. Man verlängere hierauf B C, bis es mit der Seite des Prisma bey C zuſammentrifft, und ziehe durch C die Senkrechte F C E auf die Oberfläche des Prisma, dann iſt F C B der Einfallswinkel auf dieſer Oberfläche, von dem man (da der Winkel bey H 60° gleich iſt,) durch Meſſung finden wird, daß er 35°, 46ʹ gleich iſt, und ſein, in der Tafel gefundener Sinus, iſt 58449. Da ſich nun der Sinus des Einfallswinkels zu dem der Brechung von Luft in Glas wie 3 zu 2 verhält, ſo verhält ſich alſo von Glas in Luft, wie 2 zu 3; man muß alſo ſagen: wie ſich 2 zu 3 verhält, ſo verhält ſich der Sinus von F C B, nemlich 58449 zu einer vierten Proportionale, nemlich zu 87673, welches nach der Tafel der Sinus von 61°, 15ʹ iſt. Macht man alſo den Winkel E C D von 61°, 15ʹ, ſo wird C D der mittlere Lauf des Lichtſtrahls ſeyn, nachdem er durch das Prisma gegangen iſt.

Dieſe Methode läßt ſich offenbar auf gläſerne oder andere durchſichtige Mittel von jeder gegebenen Geſtalt, anwenden.

Die Erſcheinung ſelbſt nun, die Zurückwerfung des Lichtes betreffend, die ich zu erklären verſprochen habe, iſt die, daß wenn Lichtſtrahlen durch ein Mittel fortgehen, das von einem dünneren oder beſſer: weniger brechenden Mittel umgeben wird, und das auf die Oberfläche bey einem großen Einfallswinkel oder bey einem stark auf dieſelbe geneigten Winkel, ſtößt, dann dieſe Lichtſtrahlen nicht in das dünnere Mittel eindringen, ſondern von der Oberfläche des dichteren Mittels zurückgeworfen werden, wobey man findet, daß die Strahlen, die am ſtärkſten können gebrochen werden, nemlich die violetten- und Indigo-Strahlen u. ſ. w. auch am ſtärk-

ſten zurückgeworfen werden, und ſo auch umgekehrt. Die folgende Erläuterung wird den Sinn und den Grund dieſer Behauptung zeigen.

Man laſſe einen von einem Loche bey A, Fig. 11. Taf. XX. kommenden Lichtſtrahl, ſenkrecht, oder doch beynahe ſo, auf die Seite E D eines gläſernen Prisma fallen, der in dieſem Falle nicht wird gebrochen werden, ſondern gerade in das Glas fortgehen und auf die Oberfläche oder die Grenze G D zwiſchen dem gläſernen Prisma und der Luft fallen wird. Wenn nun der Neigungswinkel B C D kleiner als ohngefähr 49°, oder welches auf eins hinauskömmt, wenn der Einfallswinkel O C B größer als ohngefähr 41° ſeyn ſollte, ſo wird der Lichtſtrahl A B C, anſtatt bey C aus dem Prisma in die Luft zu gehen, gegen C F zurückgeworfen werden. Man nehme, zum Beyſpiele, an, daß der Einfallswinkel B C O, 56° ſey, ſo iſt der Sinus deſſelben 82920: man ſaget dann: wie ſich 2 zu 3 verhält, ſo verhält ſich 82920 zu einer vierten Proportionale, nemlich zu: 124380, welches mehr iſt als der Halbmeſſer oder Sinus eines rechten Winkels; der Brechungswinkel P C H muß alſo größer ſeyn als ein rechter Winkel, das heiſt: der Lichtſtrahl kann nicht aus der Oberfläche G D kommen, ſondern muß gegen F zurückgeworfen werden, welches allemal der Fall iſt, wenn der Sinus des Einfallswinkels größer iſt als der Halbmeſſer.

Wenn man das Prisma langſam um ſeine Achſe dreht, wird man, weil der Winkel B C O kleiner als 41° iſt, finden, daß alles Licht bey C aus dem Prisma herausgehen wird. Macht man aber jenen Winkel immer größer, ſo wird man finden, daß die violetten Strahlen anfangen werden, zuerſt zurückgeworfen zu werden, indeß die andern noch durchgehen; nach ihnen werden die Indigo-Strahlen zurück geworfen werden u. ſ. f. bis endlich die rothen zu allerletzt zurückgeworfen wer-

den, weil das Verhältniß des Sinus des Einfalls-Winkels zu dem des Brechungswinkels am größten für die violetten Strahlen und am kleinſten für die rothen iſt.

Daß die verſchiedenen durchſichtigen Mittel auch verſchiedene brechende und verſchiedene zerſtreuende Kräfte haben, welches beym erſten Anblick als eine große Unvollkommenheit und beſonders als ein großes Hinderniß der Verbeſſerung der angewandten Optik könnte betrachtet werden, hat im Gegentheile die Mittel zur groſſen Verbeſſerung mehrerer optiſcher Inſtrumente an die Hand gegeben. Die unmittelbare Anwendung der Grundſätze auf die Zuſammenſetzung oder Verfertigung dieſer Inſtrumente wird in einem der folgenden Kapitel auseinander geſetzt werden, da ich in dem gegenwärtigen noch die Grundſätze zu erklären verſuchen will, auf denen jene Anwendung beruht.

Der Hauptnutzen der meiſten optiſchen Inſtrumente beſteht darinn, daß ſie die Gegenſtände dem Auge deutlicher darſtellen, als es dieſelben ohne ſie erkennen kann, und dieſe Abſicht wird überhaupt dadurch erreicht, daß die Lichtſtrahlen gebogen, alſo gebrochen werden, ſo daß von denen, die von einem gegebenen Gegenſtande ausgehen, eine größere Anzahl in das Auge eindringen und auch einen größeren Geſichtswinkel bilden können. Durch die Biegung oder Brechung aber, wird das Licht in farbige Strahlen geſondert, es müſſen alſo auch alle Gegenſtände, die man durch ein gebrochenes Licht ſieht, eine andere von ihrer eigentlichen Farbe verſchiedene Farbe bekommen und verſchieden und unregelmäßig gefärbt erſcheinen. Indeſſen iſt doch, wenn das Licht nicht ſtark gebrochen wird, die Strahlenzerſtreuung oder Trennung ſo unbedeutend, daß ſie das Auge nicht achtet, oder doch ohne Unbequemlichkeit erträgt. Wird aber das Licht ſtark gebrochen, ſo wird die Strahlenzerſtreuung unangenehm und für das Auge beleidigend.

Die Beobachtung der verſchiedenen brechenden und zerſtreuenden Kräfte durchſichtiger Mittel und beſonders des Kronen- und Flintglaſes, hat die Erfindung einer Methode erleichtert, durch welche verhütet werden kann, daß die Strahlen, wenn ſie abgebogen oder gebrochen werden, nicht auch zugleich zerſtreut werden. Die folgenden Paragraphen werden zeigen, wie dieſe Wirkung durch eine Verbindung brechender Mittel kann hervorgebracht werden.

Ich erſuche dabey meine Leſer ſich vorher folgender Punkte zu erinnern: 1, daß verſchiedene brechende Mittel, verſchiedene brechende Kräfte haben; 2, daß ſie auch verſchiedene zerſtreuende Kräfte haben; 3, daß von einem und demſelben Mittel der Zerſtreuungswinkel gröſſer oder kleiner wird, je nachdem der Brechungswinkel vergrößert oder verkleinert wird.

Man laſſe A B C, Fig. 13 Taf. XX ein Prisma von Kronenglas ſeyn, und D E einen darauf fallenden Lichtſtrahl, der, indem er durch das Prisma geht, in den gefärbten Strahlenkegel F G I zerſtreut wird. Wird nun ein anderes, dem vorigen in jeder Rückſicht gleiches Prisma, nahe an daſſelbe, aber in einer entgegengeſetzten Stellung, nemlich ſo wie durch die ſchattirte oder punktirte Abbildung B K C angezeigt wird, gehalten, ſo wird durch dieſes zweyte Prisma, die Wirkung des erſteren wieder aufgehoben, das heißt, die durch dieſes getrennten und abgebeugten Strahlen, werden durch das zweyte Prisma geſammelt und wieder nach der entgegengeſetzten Richtung gebogen, ſo daß der Lichtſtrahl aus dem zweyten Prisma, in einer mit D E parallelen Richtung, und ohne eine Veränderung der Farbe zu erfahren, herausfallen wird. Hat aber das zweyte Prisma eine verſchiedene brechende und eine verſchiedene zerſtreuende Kraft, ſo wird, ohngeachtet ſich die Prismen in Anſehung der Geſtalt gleich ſind, der Lichtſtrahl, nach-

dem er durch beyde gegangen, ſo wohl abgebogen als auch gefärbt wieder herausfallen, weil das zweyte Prisma der Wirkung des erſteren nicht genau und vollkommen entgegen wirken kann.

Wenn man nun den brechenden Winkel des zweyten Prisma verändert, indem man ihn nemlich kleiner oder größer macht, ſo kann folglich auch der Brechungs- und der Zerſtreuungswinkel vergrößert oder verkleinert werden. Wird die Größe der Zerſtreuung bey dem zweyten Prisma, dem Zerſtreuungswinkel des erſteren gleich gemacht, ſo wird der Lichtſtrahl durchfallen, ohne eine Veränderung der Farbe zu erfahren, aber ſeine Richtung wird ſich um eben ſo viel gegen ſeine urſprüngliche Richtung DE neigen, als die Brechung des einen Prisma die Brechung des andern übertrifft. Und dieſe Art der Brechung heiſt **die achromatiſche Brechung** *).

Wird, im Gegentheile, die Brechung des einen Prisma der des andern gleich gemacht, ſo fällt der Strahl mit ſeiner mittleren Richtung parallel mit DE heraus, aber er iſt um eben ſo ſehr gefärbt oder getrennt, als die zerſtreuende Kraft des einen Prisma die des andern an Stärke übertrifft.

Der aufmerkſame Leſer, ſieht es leicht von ſelbſt ein, daß jede der obenerwähnten Wirkungen auch durch eine Combination dreyer oder mehrerer Prismen kann hervorgebracht werden *).

*) Achromatiſch heiſt: farbenlos, nicht färbend. Es giebt ein **achromatiſches Teleſcop**, das heiſt: ein ſolches, welches die natürlichen Farben der durch daſſelbe geſehenen Gegenſtände nicht verändert, da andere Teleſcope oder Fernröhre mit Gläſern, gewöhnlich die prismatiſchen Farben, beſonders an der Grenze des Geſichtsfeldes erzeugen. T.

*) Wenn von einem Sonnenſtrahle, der bey ſeinem Durchgange durch ein Prisma von Kronenglas, deſſen brechender

Vielleicht erwarten meine Leſer, nach dieſer Erklärung der vorzüglichſten Eigenſchaften der regelmäßig brechenden Mittel, auch noch eine Erwähnung ſolcher Subſtanzen, die eine doppelte oder vielfach brechende Kraft haben, wie dies vorzüglich bey dem isländiſchen Kryſtall der Fall iſt, allein, die noch zweydeutige Natur dieſer Subſtanzen, die Unbekanntſchaft mit der Urſache ihrer Wirkungen, und die Betrachtung, daß man nur ſelten Gebrauch von ihnen macht, das alles hat mich bewogen, den Raum zu nützlicheren Zwecken anzuwenden und den forſchbegierigen Leſer auf die Werke anderer Schriftſteller zu verweiſen *).

Winkel 30° iſt, gebrochen wird, der Strahl der mittleren Brechbarkeit in einer gleichen Entfernung von der Spitze des Prisma durchgeht, oder eindringt und herausfällt, ſo wird der Zerſtreuungswinkel ohngefähr 39' ſeyn.

Wenn ein Prisma von Flintglas, deſſen brechender Winkel 23°, 40' iſt, in umgekehrter Stellung, wie Fig. 14 Taf. XX, an ein Prisma von Kronenglas, deſſen brechender Winkel 25° iſt, angefügt wird, ſo wird ein Sonnenſtrahl bey A mit ſeiner mittleren Richtung DE parallel herausfallen; er wird alſo gerade durchgehen, aber er wird farbig oder zerſtreut werden.

Verbindet man aber mit dieſen beyden Prismen noch ein drittes von Kronenglas, deſſen brechender Winkel, wie Fig. 15 Taf. XX, 10° iſt, ſo wird der ausfallende Sonnenſtrahl ohngefähr um 5°, 37' von dem Gange ſeines einfallenden Theils DE abweichen, aber ſeine Farbe wird nicht verändert werden, er wird nemlich eben ſo weiß ſeyn, als er war, ehe er in die verbundenen Prismen fiel.

*) Man ſehe Prieſtley's Optik. (Ueberſetzt von Klügel.) — Prieſtley ſagt, daß Martin an Prismen von dieſem Kryſtall nicht blos eine doppelte, ſondern eine vielfache, oft ſechsfache Brechung beobachtete. Durch Zuſammenfügung zweyer Prismen, deren jedes eine ſechsfache Brechung hatte, wurden 36 gefärbte Sonnenbilder hervorgebracht. T.

In Anſehung der einzelnen prismatiſchen Farben iſt noch zu bemerken, daß einige von ihnen das Auge ſtärker angreifen als andere, oder mit anderen Worten, daß man überhaupt die Gegenſtände in einigen derſelben beſſer als in anderen ſehen kann. Allein es iſt ohne eine beträchtliche Menge genauer Beobachtungen nicht möglich genau zu beſtimmen, in welcher Ordnung ſie in Anſehung ihrer beſonderen erleuchtenden Kraft auf einander folgen.

Will man eine einzelne prismatiſche Farbe unterſuchen, ſo muß ſie von dem Sonnenfarbenbilde geſchieden werden, welches man dadurch bewirkt, daß man ſie durch ein in dem Schirme, auf welchem das Farbenbild durch das Prisma hervorgebracht wird, befindliches Loch fallen läßt und Gegenſtände in dieſem einfachen oder gleichartigen Lichte hinter dem Schirme betrachtet, und ſie dann wieder in einem anderen einfachen oder gleichartigen Lichte anſieht, und ſo fort.

Doktor Herſchel, von dem die neueſten Verſuche über dieſen Gegenſtand ſind, drückt ſich, nach dem er dieſe Verſuche ſelbſt mitgetheilt hat, wie folget, darüber aus.

„Nach dieſen Beobachtungen über die leuchtende „Kraft einer jeden Farbe, die ungemein gut miteinander übereinſtimmen, muß man ſchließen, daß die rothfärbenden Strahlen weit davon entfernt ſind, ſie in „einem vorzüglichen Grade zu beſitzen. Die Orangenfarbe beſitzt mehr von ihr als die rothe und die gelben „Strahlen erleuchten die Gegenſtände noch vollkommner. „Das Maximum der Erleuchtung, liegt in dem glänzendſten oder helleſten Gelb, oder dem blaſſeſten Grün. „Der grüne Strahl ſelbſt, hat beynahe eben ſo viel „Glanz als der gelbe; von dem völligen Dunkelgrün „an aber, nimmt die erleuchtende Kraft ſehr merklich „ab. Die des blauen Strahles, kömmt beynahe der „des rothen gleich; die des Indigo iſt viel geringer als

„die des blauen, und die des violetten iſt ſehr „ſchwach.

Ich ſchließe dieſes Kapitel von der Strahlenbrechung, mit der Bemerkung, daß man nicht nur durch die Anwendung der Prismen allein, ſondern auch noch auf andere Arten, die brechenden Kräfte durchſichtiger Mittel, zum Beyſpiele dadurch: daß man die Brennpunkts-Entfernungen der Linſen mißt, wenn ſie die Strahlen verſchiedener Farben nach einander durchlaſſen oder auch dadurch, daß man noch andere Inſtrumente mit den Prismen verbindet u. ſ. w. beſtimmen kann *).

Viertes Kapitel.

Von der Beugung des Lichtes; von den Farben dünner durchſichtiger Körper und von den Farben überhaupt.

Wenn Licht in einer gewiſſen Entfernung von der Oberfläche von Körpern hingeht, ſo wird es ſo gebogen, daß dadurch an einer ſolchen Stelle ſichtbar ein geradlinigter Winkel von ihm gebildet wird. **) Wenn man daher das Sonnenlicht durch ein in einen Fenſterladen gemachtes kleines Loch in ein verfinſtertes Zimmer, auf

*) Man ſehe die Beſchreibung dieſer Beſtimmungsarten in Prieſtley's Optik Period. 5 Sekt. 8 Kap. 2. — In Martins Optik; auch Rochon's Sammlung der Abhandlungen über Mechanik und Phyſik. Abhandlung über das Maß der Zerſtreuung und der Brechung u. ſ. w.

**) Die Beugung des Lichtes iſt alſo: die Abweichung der Lichtſtrahlen von ihrem geradlinigten Wege, wenn ſie nahe an der Oberfläche eines Körpers vorbeygehen. L.

einen darinnen aufgeſtellten Schirm fallen läßt, ſo wird man finden, daß das auf demſelben dadurch bewirkte Bild der Sonne, oder der weiße Fleck, größer iſt, als er ſeyn könnte, wenn von den verſchiedenen Punkten der Sonnenoberfläche aus geradlinigte Strahlen durch das Loch auf den Schirm gefallen wären. Man ſieht alſo daraus, daß ſie bey dem Loche ſind gebogen worden, weil ſonſt das Bild kleiner ſeyn würde, als es ſich bei dem Verſuche zeiget.

Wenn ein feſter undurchſichtiger Körper, dergleichen ein Haar, ein dünnes Draht u. ſ. w. iſt, in den Lichtſtrohm in dem Zimmer gehalten wird, ſo wird der Schatten dieſes Körpers ganz anders ſeyn, als er ſeyn würde, wenn die Lichtſtrahlen bey ihrem Vorübergange bey demſelben, nicht wären gebogen worden. Dieſes Abweichen der Lichtſtrahlen, welches erfolgt, wenn ſie der Oberfläche eines Körpers nahe kommen, nicht aber bey ihrem Durchgange durch denſelben, nennt man die Beugung des Lichtes, auch Inflexion oder Diffraction des Lichtes.

Da die, dieſen Gegenſtand betreffenden Erſcheinungen nicht auf einen allgemeinen Grundſatz ſchienen zurückgebracht werden zu können, ſo hat ſie Newton mannichfaltig veränderten Verſuchen unterworfen und unterſucht; allein die Beobachtungen deſſelben ſind nicht ganz richtig und auch ſeine Hypotheſe zur Erklärung derſelben, iſt nicht ſehr wahrſcheinlich.

Nach neueren Verſuchen und Beobachtungen ſcheinen allerdings die Phänomene der Beugung auf einen einzigen Grundſatz zurückgebracht werden zu können, nemlich auf den Grundſatz der Anziehung, welche Körper gegen das Licht haben, welche Anziehung dann deutlich zu erkennen iſt, wenn Lichtſtrahlen in einer gewiſſen Entfernung von den Oberflächen derſelben hingehen. Die Lichtſtrahlen werden aber durch die Nähe von Kör-

pern nicht blos abgebeugt, ſondern auch in Farben ge- trennt oder geſondert, wodurch das ſonderbare Phäno- men hervorgebracht wird, daß die Beugungen von far- bigen Säumen begleitet ſind. Ehe ich aber die Anwen- dung der Hypotheſe ſelbſt zeige, halte ich es für zweck- mäßig, die hauptſächlichſten Phänomene zu beſchreiben, die man bey der Beugung des Lichtes wahrnimmt, und ich werde dabey die Verſuche eines neueren anonymen Schriftſtellers zum Grunde legen, weil ſie mit Einſicht und Genauigkeit von ihm ſind angeſtellt worden *).

„Man laſſe X. Fig. 16 Taf. XX das ohngefähr den funfzigſten Theil eines Zolles große Loch ſeyn, durch welches das Licht in ein verfinſtertes Gemach fällt und X A, X B, Linien, die von den beyden Seiten des äuſ- ſeren Randes der Sonnenſcheibe aus, jede nach der ent- gegengeſetzten Seite des Loches zu und ſo gegen einan- der gezogen werden, daß ſie ſich durchkreuzen; ſo wird X C D den Lichtſtrahl, nach ſeinem Durchgange durch das Loch, in allen Entfernungen davon beträchtlich größer darſtellen, als den kegelförmigen Halbſchatten E A B.

„Sieben Fuß von dem Loche entfernt, betrug die Breite des Strahles $\frac{48}{50}$ eines Zolles. Wäre aber das Licht nicht abgebogen worden, ſo würde dieſe Breite nicht über $\frac{37}{50}$ haben betragen können. Man muß alſo daraus ſchließen, daß das Licht von den Seiten des Loches ſey angezogen, und dadurch abgebogen worden, ſo daß es folglich bey ſeinem weiteren Fortgange diver- girender oder mehr auseinanderfahrend hat werden müſ- ſen, als es ſonſt würde geworden ſeyn.

„Bey einem einen Zoll und mehr weitem Loche, war der mittlere Theil des Strahles aus dem dichten geraden Sonnenlichte zuſammengeſetzt und hatte bey ſei-

N 2

*) Beobachtungen über die Lichtbeugungen u. ſ. w. London 1799.

nem Durchgange keine Veränderung erlitten. In einer weiteren Entfernung davon aber, und gegen die unterſten Säume das Strahles zu, fieng die Dichtigkeit dieſes Lichtes an abzunehmen und that dies allmählig immer mehr, je mehr es ſich den Endſäumen näherte, bis es endlich beträchtlich geſchwächt wurde und ſich dem Verſchwinden näherte, ſo daß man die äußerſten Theile des Strahles nur noch undeutlich und nicht ſcharf umſchrieben mehr erkennen konnte."

„Bey einem kleineren Loche, als das zuletzt erwähnte war, verſchwand das dichte Zentrallicht ganz und bey einem noch kleineren Loche, wurden die äußerſten Ränder des Strahles dichter und beſſer umſchrieben oder beſtimmter dargeſtellt, und der ganze Lichtſtrahl bekam in allen ſeinen Theilen in Anſehung der Dichtigkeit eine größere Gleichförmigkeit. Bey einem Loche, das kleiner als alle die vorigen und ohngefähr $\frac{1}{100}$ eines Zolles weit war, kamen in dem Strahle verſchiedene Farben zum Vorſcheine und dargegen wurden nun die mittleren Theile deſſelben dünner oder ſchwächer als die übrigen, und die äußeren Theile wurden dichter als jene und an dem äußerſten Ende oder Rande des Strahles mit Schattirungen eines gelben und rothen Lichtes begrenzt."

„Alle dieſe Erſcheinungen ſind der Anziehung der Ränder der Löcher und den verſchiedenen Theilen dieſer Ränder zuzuſchreiben. Iſt das Loch groß, ſo wirken dieſe Ränder blos auf diejenigen Theile des Lichtes, die am nächſten bey ihnen durchgehen; wird das Loch verkleinert, ſo ziehen ſie das ganze durchgehende Licht an, und breiten es mehr auseinander; wird das Loch noch um ein beträchtliches kleiner gemacht, ſo wirken die Ränder deſſelben allen ihren Theilen nach, nicht nur auf das zunächſt an ihnen durchgehende Licht, ſondern jeder ihrer Theile wirkt auch zugleich auf dasjenige, das zunächſt an dem ihm gegenüberliegenden Theile des Randes

durchgeht, wodurch das Licht verdichtet wird, weil die Anziehung und Ausbreitung deſſelben an den Rändern des Strahles vermindert wird, ſo daß es nun gleichförmiger auseinanderfährt, und wird endlich das Loch bis aufs äußerſte, nemlich ſo ſehr verkleinert, daß es nur ohngefähr $\frac{1}{100}$ eines Zolles beträgt, ſo bringen die Ränder deſſelben durch ihre verſchiedenen Wirkungen in dem durchgehenden Lichte Farben hervor."

"Ich habe beobachtet, daß in dem Lichte eines Sonnenſtrahls, der durch ein Loch von $\frac{1}{15}$ Zoll Weite fiel, die Schatten ſehr dünner Körper, dergleichen Nähnadeln, Stecknadeln, Stroh, Haare u. ſ. w. ſind, beträchtlich breiter als die Körper ſelbſt wurden, und zwar beträchtlich breiter als ſie in dieſem divergirenden Lichte eigentlich hätten ſeyn ſollen. Da aber jeder dieſer Körper auf das bey ihm vorübergehende Licht eine eben ſo ſtarke Anziehung äußert, als diejenige iſt, durch welche das Licht bey ſeinem Durchgange durch das Loch gebogen wird, ſo ſchloß ich daraus, daß ein Theil des Lichtes in jedem Falle, bey ſeinem Vorbeygehen vor dem Körper, gegen denſelben in den Schatten hineingebogen wird und ihn erleuchtet und die Breite deſſelben vermindert."

"Als ich ein Menſchenhaar queer durch das Licht eines Sonnenſtrahls hielt, den ich, durch ein, in einem dünnen Stück Bley angebrachtes kleines Loch, das beynahe die Weite von $\frac{1}{50}$ Zoll hatte, in ein dunkles Zimmer und hier auf einen in gehöriger Entfernung und in einer dem Zwecke entſprechenden ſchiefen Richtung, geſtellten Schirm von weißem Papiere fallen ließ, bemerkte ich folgende Erſcheinungen."

"An dem Ende einer Erſcheinung, die man als einen Schatten betrachten und auch mit dieſem Namen belegen kann und deſſen Dichtigkeit und Dunkelheit nicht beträchtlich war, zeigten ſich die folgenden Farben-Ordnungen und Unterſcheidungen. Zuerſt und zunächſt an

den dunklen oder ſchwarzen Theilen des Schattens konnte man ein mattes Blau ſehen, das in einen weißen Lichtſtreifen übergieng, dem gelbe und rothe Streifen folgten. Auf dieſe folgte ein Zwiſchenraum, den ein verdünnter Schatten machte, und nach dieſem kamen matt oder blaß violette, blaue, mattgrüne, gelbe und rothe Streifen; dann wieder grüne, mattgelbe, rothe; dann mattgrüne, rothe; weiße, mattrothe und endlich folgte weißes Licht. Dies ſind die gewöhnlicheren Ordnungen, in welchen die Farben aufeinander folgen. Die drey erſteren dieſer Reihen waren ſehr bemerkbar und deutlich, die letzteren aber waren nicht ſehr merklich und es mußten alle Umſtände gut zuſammentreffen, wenn ſie entſtehen ſollten, ſo wie man alle Aufmerkſamkeit anwenden mußte, wenn man ſie bemerken wollte."

„Wenn man das Haar nur von einer ſehr geringen Entfernung von demſelben aus und ehe der erſte glänzende Lichtſtreif anfieng zu erſcheinen, ſah, ſo war der Schatten deſſelben deutlich und gut umſchrieben oder begrenzt und ſehr dunkel. In einer größeren Entfernung geſehen, erſchien er ſeiner ganzen Länge nach, durch eine parallele Lichtlinie in zwey Theile getheilt und ſchien ein doppelter Schatten und als von zwey Haaren hervorgebracht zu ſeyn; dabey aber war er keinesweges ſo dunkel, als er näher bey dem Haare geſehen war, wo nur ein ungetheilter Schatten ſichtbar war. In noch weiteren Entfernungen nahm er an Breite zu, aber an Dunkelheit ab, indes die Queerdimenſionen der theilenden Lichtlinie zu gleicher Zeit zunahmen, bis endlich in einer beträchtlichen Entfernung von dem Haare, an den Rändern dieſes Zwiſchenſtreifs oder dieſer Lichtlinie Farben zu erſcheinen anfiengen, und ſie an ihren beyden äußeren Seiten, Striche eines gelblichen und röthlichen Lichtes bekam. In einer noch weiteren Entfernung wurde dieſer merkliche Schatten, dieſe dunklen Zwiſchenräu-

me lichter und beynahe durchaus von einerley Farbe, die Lichtlinie wurde immer mehr ausgebreitet und verſchwand endlich ganz, wegen ihrer zu großen Ausbreitung und weil man endlich das Licht, das ſie hervorbrachte, nicht mehr ſehen konnte."

„Während in allen dieſen verſchiedenen Entfernungen die beſchriebenen Veränderungen mit dem Schatten und dem Lichte zunächſt an dem Körper erfolgen, bemerkt man auch in den anderen, an die erſteren grenzenden Lichttheilen beträchtliche Veränderungen."

„Der zuerſt und nahe an dem Haare erſcheinende Schatten, iſt ein vollkommner und wahrer Schatten, da er dadurch entſteht, daß das Haar das durchgehende Licht auffängt."

„Dieſer Schatten aber hört bald auf merklich zu bleiben, da die ihm nächſten Lichtſtrahlen an beyden Seiten des Haares in beträchtlichen Beugungs- und Zerſtreuungs-Winkeln in ihn hineingebogen werden, ihn durchkreuzen, erleuchten und verſchwinden machen."

„Die Lichtſtrahlen werden nicht nur gebogen, ſondern ſie werden auch in verſchiedene Strahlen von verſchiedenen Farben, und zwar in Zerſtreuungswinkeln, welche um eben ſo viel größer ſind, als die Entfernungen kleiner ſind, und kleiner als die Entfernungen größer ſind, und auf eine ſolche Art ausgebreitet oder getheilt, daß von verſchiedenen Farben in einerley Entfernung die purpurfarbenen, blauen, grünen, gelben und rothen gegen den Körper gebeugt werden, wobey die purpurfarbnen am ſtärkſten und jede der anderen nach ihrer Folge weniger und die rothen, weil ſie am entfernteſten ſind, am wenigſten gebogen werden, und eben ſo werden von den Farben der nemlichen Art in verſchiedenen Entfernungen die näheren ſtärker als die entfernteren und die entfernteren weniger als die näheren gebogen. Die Beugungen verſchiedener Farben ſind indeſſen in verſchie-

denen Entfernungen ſo verſchieden, daß bey gewiſſen einzelnen Lichttheilen, wenn ſie aus verſchiedenen Entfernungen beobachtet werden, die in jedem derſelben enthaltenen entfernten und näheren Strahlen von verſchiedenen Farben, bunt durcheinander gemiſcht werden, ſo daß dadurch jeder dieſer Lichttheile zu einer einem Theile nach gefärbten Vorte wird, indem die Strahlen der verſchiedenen Lichttheile, ſich nicht mit denen anderer vermiſchen, ſo daß die Zwiſchenräume zwiſchen den Theilen bleiben, ihre Dunkelheit behalten und die Vorten von einander trennen."

Ich habe die vorſtehenden Stellen der genannten Abhandlung hauptſächlich in der Abſicht mitgetheilt, um dem Leſer durch einige leichte und deutliche Verſuche einen Begriff von der Beugung des Lichtes zu geben. Ich muß aber auch dabey erinnern, daß dies nicht alle bey der Beugung des Lichtes vorkommende Erſcheinungen ſind, und daß jene Erklärung nicht ganz neu iſt und ſich auch nicht auf alle ohne Unterſchied anwenden läßt. Außer Newton haben auch Maraldi, Grimaldi, Delisle, Mairan, Du Tour, Muſchenbroek und noch andere Verſuche, über die Beugung des Lichtes angeſtellt, die der Leſer in Prieſtleys Geſchichte des Geſichtes, des Lichtes und der Farben, (oder in der Optik deſſelben) finden kann.

Dünne Platten durchſichtiger Körper ſtellen oft, beſonders wenn ſie nicht gleichförmig dick ſind, die prismatiſchen Hauptfarben, das heißt diejenigen, die man durch das Brechen des Lichtes vermittelſt eines Prisma erhält, entweder in Ringen oder in Gürteln, oder vermiſcht dar.

Es laſſen ſich bey weitem nicht alle Erſcheinungen, die man in Anſehung dieſer Farben beobachtet hat, durch

*) Theil 6, Abſchnitt 6.

bekannte und beſtimmte Geſetze erklären; wer alſo die Natur derſelben näher zu unterſuchen oder neue Fakta zu entdecken wünſcht, der muß alle Beobachtungen einzeln und in gehörige Betrachtung nehmen. Uns genügt es indeſſen, an folgender ſummariſchen Nachricht von denſelben.

Die Farben, die man auf Blaſen von unreinem Waſſer und beſonders von einer Seifenauflöſung ſieht, ſind von dieſer Art. Dieſe Blaſen ſind dünne Bläschen oder Häutchen der Auflöſung und die Stärke derſelben iſt immer veränderlich und abwechſelnd.

Wenn zwey ebene Gläſer, oder auch ein etwas erhabenes und ein ebenes oder flaches ſanft gegen einander gedrückt werden, ſo werden oft an den Berührungspunkten farbige Ringe ſichtbar. Man hat geglaubt, daß dieſe Ringe von dem Lufthäutchen, das zwiſchen den Gläſern bleibt und von verſchiedener Dicke iſt, hervorgebracht würden, allein dieſe Farben zeigen ſich auch dann, wenn man die Gläſer unter den luftleeren Rezipienten einer Luftpumpe bringt.

Auch Metallplatten, Gläſer u. ſ. w. die man ein wenig mit irgend einer Flüſſigkeit angefeuchtet hat, zeigen oft dergleichen Farben, und dünne Platten von Talk oder ruſſiſchem Glas thun es auch.

Newton hat die Urſache dieſer Erſcheinungen in gewiſſen Diſpoſitionen oder Neigungen der Lichtſtrahlen geſucht, die er Anwandlungen oder Anfälle einer leichten Durchlaſſung und einer leichten Zurückwerfung nennt — welches aber eine ſonderbare Hypotheſe iſt. Andere haben ſie blos der Brechung oder der Zurückwerfung zugeſchrieben; der Herzog von Chaulnes nahm die Beugung der Strahlen als die Urſache einiger dieſer Wirkungen an und ein neuerer ano-

nymer Schriftſteller iſt ihm beygetreten und hat dieſe Idee noch mehr erweitert. *)

Um meinen Leſern eine genügende Vorſtellung von dieſen Verſuchen zu geben, will ich einige der merkwürdigſten Erfahrungen hier beyfügen.

Newton nahm die Objektivgläſer zweyer Fernröhre, von welchen das eine plankonvex war und zu einem vierzehnfüßigen Teleſcop gehörte und das andere konvexkonvex zu einem Fernrohr von ohngefähr funfzig Fuß gehörend, legte das letztere auf die flache Seite des erſteren und drückte ſie gelinde gegen einander. Dadurch enſtanden ſogleich um den Berührungspunkt Farbenkreiſe, die an Größe und Anzahl zunahmen, wenn der Druck verſtärkt wurde und ſo auch umgekehrt. Näher an dem Mittelpunkt, der ſchwarz und farbenlos iſt, erſcheinen die Farben lebhafter und immer bläſſer, je weiter ſie davon entfernt ſind. Wenn die Gläſer ſehr ſtark gegen einander gedrückt wurden, ſo fand Newton, daß dadurch die farbigen Kreiſe eine ungleiche Breite bekamen, wie Fig. 17. Taf. XX. wo die Buchſtaben a, b, c, d, e, f u. ſ. w. die Farben in folgender Ordnung, die mit a anfängt, anzeigen: Schwarz, blau, weiß, gelb, roth; violet, blau, grün, gelb, roth; purpurfarb, blau, grün, gelb, roth; grün, roth; grünlichblau, roth; grünlichblau, blaßroth; grünlichblau, röthlichweiß. **)

„Der Abbe Mazeas †) hat die Beobachtung gemacht, daß man, wenn man zwey Glasplatten, welche

*) Man ſehe Prieſtley's Geſchichte des Geſichts, des Lichtes und der Farben, Th. 6. Abſchn. 5. Auch: Neue Beobachtung über die Farben dünner durchſichtiger Körper. London 1800.

**) Newtons Optik B. 2. Th. 1. Beob. 4.

†) Die Beobachtungen deſſelben hierüber ſtehen in den Memoires de l'Academie de Pruſſe von 1752. T.

durchſichtig und gut polirt ſind, wie man ſie zu Spiegeln zu brauchen pflegt, an einander reibt oder eine über die andere hinzieht, und der Druck an jedem Theile der beyden Oberflächen ſo gleichförmig als möglich iſt, bisweilen in der Mitte, bisweilen nach den Rändern der Platten hin, bald einen Widerſtand fühlt und da, wo ſich dieſer äußert, zwey oder drey ſehr feine krumme Linien bemerkt, von denen einige blaßroth und andere blaßgrün ſind. Setzt man das Reiben fort, ſo entſtehen an den Stellen der Berührung noch mehrere ſolcher rothen und grünen Linien, bey denen zuweilen andere Farben zu der urſprünglichen gemiſcht erſcheinen, zuweilen aber die Farben regelmäßig vertheilt ſind. Im letzteren Falle ſind die farbigen Linien gewöhnlich konzentriſche Kreiſe oder Ringe, oder Ellipſen, oder beſſer Ovale, die länger oder kürzer ſind, je nachdem ſich die Oberflächen mehr oder weniger feſt verbunden haben. Wenn die Glasplatten vor dem Reiben gut abgetrocknet und erwärmt werden, ſo wird man die Figuren auch ſicher erſcheinen ſehen.

„Sind die Farben gebildet, ſo hängen, die Glasplatten ſehr feſt zuſammen und würden auch immer in dieſem Zuſtande, ohne einige Veränderung der Farben bleiben. In dem Mittelpunkte aller dieſer Ovale, deren längerer Durchmeſſer gewöhnlich mehr als zehn Linien beträgt, erſcheint zwiſchen den Gläſern eine kleine Platte von der nemlichen Figur, die genau einer Platte von Gold gleicht, und in deren Mittelpunkt man oft einen dunklen Fleck erblickt, der alle Lichtſtrahlen abſorbirt außer der violetten, welche durch ein Prisma ſehr lebhaft erſcheint.

„Werden die Glasplatten dadurch, daß man ſie horizontal über einander wegzieht, oder durch die Wirkung von Feuer ſchnell getrennt, und dann wieder auf einan-

der gelegt, ſo erſcheinen die Farben augenblicklich, ohne daß erſt eine Reibung erforderlich wäre.

„Wenn man den Druck mit der leiſeſten Berührung anfängt und denſelben unmerklich verſtärkt, ſo erſcheint zuerſt eine blaßrothe ovale Platte und in der Mitte derſelben ein grüner Lichtfleck, der ſich mit dem Drucke vergrößert, und zu einem grünen Oval wird, in deſſen Mittelpunkt ſich ein rother Fleck befindet und wird dieſer wieder eben ſo vergrößert, ſo zeigt ſich in ſeiner Mitte wieder ein grüner Fleck. So folgen Roth und Grün abwechſelnd auf einander, mit verſchiedenen Schattirungen und mit anderen Farben vermiſcht.

„Der größte Unterſchied zwiſchen den durch ebene Oberflächen und den durch krumme hervorgebrachten Farben, beſteht darinn, daß bey ebenen Oberflächen der Druck allein, den obigen Fall ausgenommen, nicht im Stande iſt, ſie hervorzubringen. Ohne vorhergegangene Reibung konnte Mazeas auch durch den ſtärkſten Druck keine Farben hervorbringen. Die Urſache davon aber war offenbar die, daß die Glasplatten, wenn ſie nicht an einander gerieben wurden, nicht feſt genug mit einander verbunden werden konnten.“

„Anfänglich zweifelte der Abbe Mazeas nicht daran, daß die Urſache dieſer Farben nicht ein dünnes, zwiſchen den Platten befindliches Lufthäutchen ſeyn ſollte, dem auch Newton ſie zugeſchrieben. Allein die merkwürdige Verſchiedenheit zwiſchen den durch flache Platten und den durch Objektivgläſer hervorgebrachten Farben, überzeugte ihn, daß die Luft nicht die Urſache derſelben ſeyn könne. Die Farben der flachen Platten nemlich verſchwanden durch die Hitze, die der Objektivgläſer aber nicht. Er müßte dieſe ſo gar ſo ſtark erhizzen, daß dasjenige, welches gegen das Feuer gekehrt war, zerſprang, ehe er auch nur die geringſte Erweiterung der Farbenringe bemerken konnte. Die Urſache

dieſer Verſchiedenheit lag nicht etwa darinnen, daß die flachen Glasplatten weniger ſtark zuſammengedrückt worden als die Objektivgläſer, denn obgleich jene durch Zangen ſo ſtark als möglich zuſammengedrückt wurden, konnte dadurch die Wirkung der Flamme doch nicht im geringſten gehindert werden *)."

Die beſchriebenen, Farbenringe erſcheinen viel lebhafter und deutlicher im zurückgeworfenen Lichte, als im durchgelaſſenen.

Die Farbenringe die man durch Zurückwerfung ſieht, haben gewöhnlich eine andere Farbe als diejenigen, welche durchgelaſſenes Licht hervorbringt. Die weiße Farbe des letzteren iſt der ſchwarzen des erſteren, die rothe der blauen, die gelbe der violetten, und die grüne einer aus roth und grün gemiſchten, entgegengeſetzt.

Je ſchiefer man in jedem Falle die Ringe ſieht, deſto größer ſcheinen ſie zu ſeyn.

Wenn man Waſſer zwiſchen den Gläſern aufſteigen läßt, ſo wird dadurch der Glanz der Farben ſehr vermindert, auch bekömmt man dann weniger und ſchmählere Ringe.

Newtons, hauptſächlich auf die angegebenen Phänomene dünner Platten geſtützte Theorie, hat man lang als zureichend zur Erklärung, der verſchiedenen von den Weltkörpern in unſre Augen fallenden Farben, betrachtet.

Nach dieſer Theorie nimmt man an, daß alle Farben blos in dem Lichte leuchtender Körper, dergleichen die Sonne, ein brennendes Licht u. ſ. w. ſind, vorhanden ſeyen, und daß dieſes Licht, indem es unaufhörlich

*) Prieſtley's Geſchichte des Lichtes, des Geſichts und der Farben Th. 6. Abſchn. 5. Der Leſer findet in dieſer Schrift nicht nur noch mehrere Umſtände dieſe Verſuche betreffend, ſondern auch von anderen angeſtellte ähnliche Verſuche. T.

auf verſchiedene Körper falle, in ſeine urſprünglichen Farben zertheilt werde, von welchen einige abſorbirt, andere aber unaufhörlich zurückgeworfen werden, ſo daß die Körper, die uns roth erſcheinen, ſolche ſeyen, die alle andere Farben des weißen Lichtes abſorbiren oder einſchlucken und nur die rothen Strahlen zurückwerfen. Die welche uns grün erſcheinen, haben die Eigenſchaft, alle farbige Strahlen, nur die grünen nicht, zurückzuwerfen. Von denen Körpern, die gar keine der urſprünglichen Farben zeigen, hat man angenommen, daß ſie die Strahlen der urſprünglichen Farben und zwar in einem ſolchen Verhältniſſe zurückwerfen, daß dadurch ihre gemiſchten Farben hervorgebracht werden, u. ſ. w.

Bis zu dieſem Punkte ſcheint die Hypotheſe durch einige der im vorhergehenden Kapitel erwähnten Verſuche beſtätiget zu werden; aber einen Schritt weiter iſt ſie, ſelbſt für die lebhafteſte Phantaſie, ſchon weniger einleuchtend. Es wurde dabey angenommen, daß die Theilchen aller Körper aus ſehr dünnen und durchſichtigen Platten oder Lamellen beſtehen, die eine oder die andere Farbe, je nachdem ſie dicker oder dünner ſind, zurückwerfen oder durchlaſſen; daß die dünneren die lebhafteren Farben hervorbringen, und daß die Farben einiger Plättchen ſich verändern, je nachdem das Auge ſeine Lage verändert, andere aber beſtändig und gleichförmig bleiben.

Allein, eine genauere Unterſuchung dieſer Lehre und die Anwendung derſelben auf eine Menge von Erſcheinungen, die, beſonders in unſeren Tagen, von mehreren ſcharfſinnigen Männern ſind beobachtet worden, machen dieſe Farbentheorie faſt in allen ihren Theilen zweifelhaft. Zuvörderſt kann noch bezweifelt werden, ob es wirklich nur ſieben von einander verſchiedene urſprüngliche Farben, oder eine unbeſtimmte Anzahl derſelben giebt, die vielleicht durch unbekannte Modifica-

tionen des meiſten Lichtes hervorgebracht werden. Dieſer Zweifel gründet ſich hauptſächlich auf die Breite der Streifen und die Abſtufungen der angenommenen ſieben urſprünglichen Farben des prismatiſchen Farbenbildes. Und was zweytens die Hypotheſe betrifft, daß alle Körper aus dünnen durchſichtigen Blättchen beſtehen ſollen, ſo fehlt es ihr gar ſehr an Beweiſen, die ſich auf Verſuche gründeten. Ja wenn ihr Daſeyn auch wirklich könnte bewieſen werden, ſo würde es doch immer ſchwer bleiben zu zeigen, wie durch dieſelben beſtändige und unveränderliche Farben, die es in allen Richtungen bleiben, können hervorgebracht werden. Da aber der wißbegierige Leſer, der ſich weiter über dieſen Gegenſtand zu belehren und ſeine Naturkenntniſſe zu erweitern wünſcht, jene Zweifel in den Werken aller neueren Schriftſteller, die über die Optik geſchrieben haben, und beſonders in den Transactionen gelehrter Geſellſchaften, in Journalen u. ſ. w. finden kann, ſo verweiſe ich ihn auf dieſelben und füge zum Schluſſe dieſes Kapitels noch einige merkwürdigere, die Farben betreffende Thatſachen hinzu.

Der Farbenwechſel, den man bey einem und demſelben Körper bemerkt und der entweder durch die Lage oder durch eine Veränderung der Beſchaffenheit des Körpers ſelbſt hervorgebracht wird, iſt für jeden Beobachter ein Gegenſtand der Bewunderung und des Vergnügens.

Was den Farbenwechſel betrifft, der ſeinen Grund in der Lage oder Stellung der Körper hat, ſo hat man bemerkt, daß gewiſſe feſte Körper und beſonders gewiſſe Flüſſigkeiten, eine andere Farbe im zurückgeworfenen und eine andere im durchgelaſſenen Lichte zeigen. Der Grund davon liegt darinn, daß wenn ſie alle Strahlen einer oder gewiſſer Grundfarben zurückwerfen, das Licht, welches indem es durch ſie hingeht, in unſre Augen fällt, andere Farben darſtellen muß, da es derjenigen

Farben iſt beraubt worden, die von dem vorderen Theile des Körpers zurückgeworfen worden ſind.

Boyle hat die Beobachtung gemacht, daß wenn man einen Aufguß von Griesholz (lignum nephriticum) in eine Glaskugel füllt und ihn darinn einem ſtarken Lichte ausſetzt, derſelbe eben ſo ungefärbt iſt als reines Waſſer, daß er aber die ſchönſte grüne Farbe zeigt, ſo bald er an einen Ort geſetzt wird, wo er ein wenig Schatten hat; ſtellt man ihn noch ſchattigter, ſo ſpielt er ins Rothe und an einem ſehr ſchattigten Orte, oder in einem undurchſichtigen Gefäße wird er wieder grün erſcheinen. Wird er in gerader Richtung zwiſchen das Licht und das Auge gehalten, ſo bekömmt er, die aller oberſte Lage ausgenommen, wo zuweilen ein wolkenfarbiger Kreis erſcheint, eine Schattirung, die beynah goldfarb iſt, es wäre denn, daß der Aufguß zu ſtark wäre, in welchem Falle er dunkel oder röthlich wird, und mit Waſſer verdünnt werden muß. Wird er aber von dem Lichte abgekehrt gehalten, ſo daß das Auge zwiſchen dem Lichte und dem Glaſe iſt, ſo bekömmt er eine angenehme dunkelblaue Farbe, welche auch die einzelnen Tropfen annehmen, die etwa an der äußeren Seite des Glaſes herablaufen.

Was die durch Miſchungen, durch Sieden, Erhitzen, Zerſtoßen u. ſ. w. hervorgebrachten Farben-Veränderungen betrifft, ſo ſind ſie zwar ſo gemein und ſo auffallend, daß ſie jedermann kennt, allein die Naturkundiger ſind noch über die Urſachen derſelben nicht einig. Eine der wahrſcheinlichſten Theorien darüber iſt die, daß eine Verdünnung der Theilchen eines gegebenen Körpers aus der violetten, oder einer anderen, der violetten näheren Farbe, in eine andere der rothen nähere, nach der Ordnung der prismatiſchen Farben übergehe, und daß, umgekehrt,

gekehrt, eine Verdickung der Theilchen, die Farben in der entgegengeſetzten Ordnung verändere *).

Schüttet man in verdünnten Veilchenſaft einige Tropfen von einer Säure, ſo wird die Flüſſigkeit roth, und ſetzt man dann eine kleine Quantität von kohlenſtoffſaurem Kali hinzu, ſo wird ſie grün.

Gießt man in eine Solution von ſchwefelſaurem Kupfer einige Tropfen Ammoniak, ſo wird ſie blau gefärbt, und durch den Zuſatz von ein wenig Salpeterſäure, verſchwindet die blaue Farbe wieder.

Die Chemie bewirkt eine Menge Veränderungen dieſer Art und man findet ihrer faſt in allen chemiſchen Werken erwähnt †).

Fünftes Kapitel.

Von den Linſen und ihren Wirkungen.

Auf die Eigenſchaft des Lichtes gebrochen und zurückgeworfen werden zu können, gründet ſich die Einrichtung und Zuſammenſetzung der nützlichſten und bewundrungswürdigſten optiſchen Inſtrumente. Von dieſen ſind diejenigen, die mit der Lehre von der Zurückwerfung des Lichtes in Verbindung ſtehen, nemlich die

*) Man ſehe: Delaval über die Farben; auch deſſen Abhandlung darüber in dem zweyten Bande der Denkſchriften der Mancheſter phyſikaliſchen Geſellſchaft.

†) Man ſehe Prieſtley's Geſchichte des Geſichtes, des Lichtes und der Farben. Th. 6. Abſchn. 15.

Spiegel, in den vorhergehenden Kapiteln hinlänglich erklärt worden, und es iſt mir daher nur noch übrig, auch die Wirkungen derer, die ſich auf die Lehre von der Brechung det Lichtſtrahlen gründen, anzugeben, zu beſchreiben und zu erklären.

Sie laſſen ſich der Geſtalt nach auf eine dreyfache Art eintheilen und generiſch benennen, nemlich: in flache Platten, in Prismen und in Linſen. Die flachen Platten bedürfen keiner beſondern Beſchreibung; die Prismen ſind in dem vorhergehenden Kapitel beſchrieben worden, und daher wird die Beſchreibung der Linſen der Gegenſtand des gegenwärtigen Kapitels ſeyn.

Eine Linſe nennt man ein Stück Glas, oder ein andres durchſichtiges Medium, das wenigſtens eine hohle oder erhabene ſphäriſche Oberfläche hat. Die verſchiedenen Formen der Linſen und ihre beſonderen Benennungen hat man von der Geſtalt ihrer Oberflächen hergenommen, die entweder flach, oder hohl, oder erhaben, oder vermiſcht ſeyn können. Es giebt daher ſechs Arten von Linſen, von denen Durchſchnitte bey Fig. 18 Taf. XX. und zwar nach der Ordnung abgebildet ſind, in welcher man ſie aufzuführen pflegt. Sie heißen: das Plankonvex, das Plankonkav, das Konvexkonvex, das Konkavkonkav, das Konkavkonvex, und der Meniſkus, (oder Mond,) welcher ebenfalls ein Konkavkonvex iſt, und ſich von dem erſteren blos dadurch unterſcheidet, daß der Halbmeſſer ſeiner erhabenen Seite kleiner iſt als der Halbmeſſer ſeiner konkaven Seite, daher auch die Ränder deſſelben ſcharf ſind und ſein Durchſchnitt dem Neumonde gleichet.

Der mittlere Punkt einer jeden dieſer Linſen heißt, wenn ſie dünn ſind, der Mittelpunkt derſelben. Eine durch dieſen Mittelpunkt gehende und ſenkrecht auf die beyden Oberflächen der Linſe geſetzte Linie, wie die

Linie HG heißt die Axe derſelben. Die Punkte C, D, an den Oberflächen der Linſen, wo die Axe die Oberflächen ſchneidet, heißen die Scheitelpunkte der Linſe. — Iſt aber die Linſe ziemlich dick und ſind ihre Oberflächen ungleich gekrümmt, ſo iſt der Mittelpunkt der Linſe dem einem Scheitelpunkte um eben ſo viel näher als dem anderen als der Halbmeſſer der Krümmung der erſteren Oberfläche kleiner iſt, als der der anderen.

Bey dem geringſten Nachdenken über die Sache, ſieht man leicht ein, daß die Axe durch die Mittelpunkte der erhabenen oder der hohlen Seite, das heißt der Sphären oder Kugelflächen, von welchen die Oberflächen der Linſen ein Theil ſind, gehen müſſe; es wäre denn, daß die Linſe, wie bey Fig. 19, eine unregelmäßige Form hätte, wodurch ſie aber unbrauchbar für optiſche Inſtrumente wird, welches oft der Fall zu ſeyn pflegt.

Wenn ein Lichtſtrahl ſenkrecht auf den Scheitelpunkt einer Linſe fällt, alſo mit der Axe H C koincidirt oder zuſammenfällt, ſo muß er offenbar gerade durch die Linſe hindurch gehen, ohne die geringſte Verdünnung zu erfahren. Fällt er aber ſchief darauf, ſo muß er in einer auf ſeine erſte Richtung geneigten Richtung aus der Linſe herausfallen. So muß, zum Beyſpiele von den Lichtſtrahlen, die, indem ſie von dem leuchtenden Punkte A, Fig 20 Taf. XX. ausgehen, auf die Linſe B E fallen, der Strahl A C, der in der Richtung der Axe der Linſe fortgeht, gerade durch ſie hindurchgehen; der Strahl A B hingegen, muß, da er ſchief auf die Oberfläche der Linſe fällt, gebrochen oder gebogen werden, und iſt die Linſe ein Plankonvex oder ein Konvex-konvex ſo muß dieſer einwärts, das heißt nach der Axe zu gebogen werden, wie ſich aus der S. 190 beſchriebenen Methode ergiebt, und muß folglich die Axe in irgend einem Punkte F ſchneiden, oder erreichen. Dieſer Punkt F nun, heiſt der gebrochene Brennpunkt dieſes

Strahles, oder beſſer: der Strahlen A B, A E, die in gleichen Entfernungen von der Axe A C auf die Linſe fallen, da es einleuchtend iſt, daß ſie ſich alle in dem nemlichen Punkte F, begegnen und durchkreuzen müſſen. Daher heißt der Punkt A der leuchtende Punkt, oder der Brennpunkt der einfallenden Strahlen, und in Beziehung auf einander ſelbſt, werden dieſe beyden Punkte Vereinigungsbrennpunkte genannt.

Iſt die Linſe ein Hohlglas, wie Fig. 21 Taf. XX. dann werden die ſchiefen Strahlen AB, A E, auswärts, das heißt: von der Axe abgebogen. Denkt man ſich nun in dieſem Falle, daß dieſe gebrochenen Strahlen, ſo lange rückwärts giengen, bis ſie die Axe wieder erreichten, wie bey F, dann heißt dieſer Punkt F, der eingebildete Brennpunkt oder der Zerſtreuungspunkt, der gebrochenen Strahlen, da er in der That der Mittelpunkt der Zerſtreuung der Strahlen iſt. In dieſem Falle ſind beyde Vereinigungsbrennpunkte an der nemlichen Seite der Linſe, nemlich, der wirkliche Brennpunkt A der einfallenden Strahlen, und der Zerſtreuungspunkt, oder eingebildete Brennpunkt F, der gebrochenen Strahlen B G, D O, E S.

Wenn ſich der Leſer die Mühe geben will, den Gang aller von einem leuchtenden Punkte ausgehenden und auf die Oberfläche entweder einer erhabenen oder auch einer hohlen Linſe fallenden Strahlen, auf die oben angegebene Art zu zeichnen oder zu entwerfen, ſo wird er finden, daß die Strahlen, wenn die Linſe erhaben iſt, nicht alle in einem und demſelben Brennpunkte zuſammentreffen, und daß ſie, wenn die Linſe ein Hohlglas iſt, auch nicht einen gemeinſchaftlichen Zerſtreuungspunkt haben, ſondern daß die Strahlen, die nach der Zerſtreuung entfernter von der Axe ſind, eher zuſammenfallen als diejenigen, die der Axe näher ſind, und dieſe Wir-

kung iſt in eben dem Verhältniſſe ſtärker, in welchem die Oberflächen der Linſen weiter von einander entfernt und ihre Kugeldurchſchnitte größer ſind. Daher ſtellt eine Glaskugel die erwähnte Wirkung ſehr deutlich dar, und darum macht man auch die Linſen ſo dünn als möglich. Indeſſen bricht doch nie eine Linſe, die aus Kugeloberflächen beſteht, in allen Fällen die von einem leuchtenden Punkte auf ſie fallenden Strahlen, alle in einen Brennpunkt. Der Brennpunkt der Strahlen, die auf den Rand der Linſe fallen, iſt nicht nur näher an der Linſe, ſondern auch am weiteſten von der Axe entfernt, nemlich an einer Seite derſelben. Linien, die durch die gebrochenen Brennpunkte derjenigen Strahlen gehen, die zu einem leuchtenden oder ſtrahlenden Punkte gehören, bilden zwey krumme Linien, die bey der Axe oder dem Hauptbrennpunkte, einen Winkel mit einander machen, und werden Brennlinien durch Brechung genannt; ſie ſind wirkliche Brennlinien bey erhabenen Linſen, aber eingebildete bey hohlen.

Wenn die Linſen dünn ſind und ihre Kugelfläche nicht ſehr erhaben iſt, ſo ſind jene Brennlinien ſo unmerklich, daß man ſie nicht ſehen kann; Linſen aber, die ziemlich dick und ſehr erhaben ſind, bewirken eine beträchtliche Veränderung der Strahlen und eine offenbare Verrückung oder Abirrung des Gegenſtandes, den man durch ſie anſieht *).

Man kann ſich von dieſer Verrückung oder Abirrung durch folgenden Verſuch überzeugen: man bedecke die eine Seite einer Glaskugel oder einer dicken Linſe

*) Um dieſer von der Kugelgeſtalt der Linſe entſtehenden Verrückung vorzubeugen, hat man andere Figuren angegeben, die das Licht brechen ſollen, ohne dergleichen Brennlinien zu bilden; allein es iſt ſo ſchwer den Linſen eine andere als die Kugelgeſtalt zu geben, daß noch kein Optiker mit einer anderen einen Verſuch gemacht hat.

mit einem kreisförmigen Stück von braunem Papier, in deſſen Durchmeſſer eine Reihe gleich weit von einander entfernter, mit einer Nadel eingeſtochener Löcher befindlich iſt, und laſſe das durch dieſe Löcher und durch die Linſe gehende Licht auf ein Stück weißes Papier fallen, welches ſenkrecht auf die Lichtſtrahlen gehalten wird. Wird nun das Papier nahe an die Kugel oder die Linſe gehalten, ſo wird man finden, daß die auf daſſelbe fallende Lichtpunkte in einer gleich weiten Entfernung auf einander folgen; daß aber, wenn das Papier allmählig von der Linſe entfernt oder zurückgezogen wird, die Zwiſchenräume zwiſchen den äußeren Punkten kleiner werden, als die Zwiſchenräume zwiſchen den inneren und ſich bald vereinigen.

Wird im Gegentheile die nemliche Operation mit einer dicken Hohllinſe wiederholt, ſo wird man finden, daß die Zwiſchenräume zwiſchen den äußeren Punkten größer werden, als die innern u. ſ. w.

Außer der Verrückung oder Abirrung, die von der Geſtalt herkömmt, ſind Linſen noch einer viel größeren Unvollkommenheit unterworfen, die ihren Grund in der verſchiedenen Brechbarkeit der farbigen Strahlen hat. Denn obgleich die von einem leuchtenden Punkt ausgehenden und auf eine ſphäriſche Linſe in gleichen Entfernungen von der Axe fallenden Strahlen, zu folge einer beſonderen Figur der Linſe in einem und dem nemlichen Punkte zuſammentreffen oder ihren Brennpunkt in einem und demſelben Punkte haben würden, ſo werden doch, da die Brechung das Licht in farbige Strahlen zertheilt, die violette Strahlen, weil ſie die größte Brechbarkeit haben, ihren Brennpunkt näher an der Linſe als die blauen bilden, und ſo fort, und da die rothen Strahlen die ſchwächſte Brechbarkeit haben, wird auch der Brennpunkt derſelben, am weiteſten von der Linſe entfernt ſeyn.

Iſt die Linſe dünn und ihre Erhabenheit oder Hohlung nicht ſehr groß, ſo bleibt dieſe Strahlenzerſtreuung unbemerkt. Iſt hingegen die Linſe dick und ſtark, konvex oder erhaben, oder werden die Unvollkommenheiten der einen Linſe durch die andere Linſe vergrößert, wie bey Teleſkopen und anderen zuſammengeſetzten optiſchen Inſtrumenten, ſo iſt die Zerſtreuung oder Trennung der farbigen Strahlen, beſonders nach dem Rande zu, wo die Brechung am ſtärkſten iſt, ſo ſehr auffallend, daß dadurch die Wirkungen, welche dieſe Inſtrumente außerdem würden hervorbringen können, gar ſehr gehindert werden.

Der große Newton, ſo wie alle andere Naturkündiger ſeiner Zeit, waren der Meynung, daß dieſer Unvollkommenheit nicht könne abgeholfen werden. Allein die gegen die Mitte des vorigen Jahrhunderts gemachte Entdeckung, von der verſchiedenen zerſtreuenden Kraft, verſchiedener durchſichtiger Mittel, erweckte bey einigen Phyſikern die Hoffnung, daß jener Unvollkommenheit der Linſen doch noch dürfte abgeholfen werden können, und dies gelang auch wirklich bald darauf dem ſcharfſinnigen Dollond, der endlich nach vielen vorhergegangenen Verſuchen und Berechnungen jenes Inſtrument erfand, das unter dem Namen des achromatiſchen, das heißt: des farbenloſen, nichtfärbenden Fernrohres bekannt iſt. Die Objektivlinſe dieſes Fernrohres iſt aus Glasarten zuſammengeſetzt, deren Kraft die Farben zu zerſtreuen verſchieden iſt, wobey aber doch die zerſtreuende Kräfte ein ſolches Verhältniß zu einander haben, daß ſie das Licht nicht in ſeine urſprünglichen Farben zerlegen; daher erſcheinen die Gegenſtände, die man durch ſolche Teleſkope ſieht, in ihrer natürlichen oder eigenthümlichen Farbe *).

*) Zur Erfindung des achromatiſchen Teleſkops gab eigentlich Euler durch ſeine Abhandlung sur la perfection de verres ob-

Man hat Linſen für Fernröhre nicht blos aus einer Zuſammenſetzung von verſchiedenen Gläſern gemacht, ſondern man hat auch Gläſer und Flüſſigkeiten, die verſchiedene zerſtreuende Kräfte haben, mit einander verbunden. *) Indeſſen bedient man ſich doch gewöhnlich blos des Glaſes als einer Subſtanz, die am dauerhafteſten iſt, und ſich auch am zweckmäßigſten behandeln läßt.

Achromatiſche Linſen werden entweder aus zwey oder aus drey Linſen zuſammengeſetzt, die in einer gemeinſchaftlichen Einfaſſung oder einem Ringe dicht an einander befeſtigt werden. Bey Fig. 22 Taf. XX iſt ein Durchſchnitt einer Linſe der erſten Art, und Fig. 23 ein Durchſchnitt einer der letzteren Art abgebildet.

Fig. 22 A B iſt eine doppelte erhabene oder bikonvexe Linſe von Kronenglas und C D eine konkavkonvexe Linſe von Flint- oder Kryſtallglas.

Fig. 23, A O B und E F ſind zwey bikonvexe oder Konvex-konvex-Linſen von Kronenglas und die innere Linſe C D iſt eine Konkav-konkave oder Bikonkave von Flintglas.

Der Grundſatz, nach welchem dieſe achromatiſche Linſen verfertiget werden, kann leicht von dem, was S. 195 geſagt worden, abgeleitet werden, indem daſelbſt gezeigt worden iſt, daß dadurch, daß man zwey oder drey Prismen von verſchiedenen Glasarten mit einander verbindet, das durch dieſelben fallende Licht ohne Zerſtreuung gebrochen werden kann, und man alſo den Dicken und Krümmungen der Linſen ein ſolches Verhältniß zu

jectifs des lunettes, dem Engländer Dollond die erſte Veranlaſſung. T.

*) Man ſehe die Abhandlung: die Grundſätze und Anwendung einer neuen Methode achromatiſche Fernröhre zu machen von Robert Blair, in dem erſten Bande von Nicholſons Journal der Phyſik. (Auch Euler that dies.)

einander geben kann, daß ſie eine ähnliche Wirkung hervorbringen. Wenn man einen ſehr kleinen Theil einer ſolchen zuſammengeſetzten Linſe, zum Beyſpiele den zwiſchen den Linien g i, h m Fig. 22 enthaltenen, unterſucht, ſo wird man auch in der That ſehen, daß die beyden Theile der äußeren Linſen, wie zwey Prismen von Kronenglas wirken müſſen, deren Baſen gegen die gemeinſchaftliche Axe der Linſen gerichtet ſind; da, im Gegentheile, der Theil der mittleren Hohllinſe wie ein Prisma von Flintglas wirket, das in einer entgegengeſetzten Richtung, nemlich mit ſeinem Scheitelpunkt gegen die Axe ſteht.

Verſchiedene Schriftſteller haben verwickelte Methoden zur Beſtimmung der Krümmungen angegeben, welche die Oberflächen ſolcher zuſammengeſetzten Linſen haben müſſen, die ſich auf die brechenden und zerſtreuenden Eigenſchaften der Gläſer gründen, welche Eigenſchaften gar ſehr verſchieden ſind; allein die Schwierigkeit ſo wohl die wahre zerſtreuende als auch die wahre brechende Kraft einer beſonderen Glasart zu beſtimmen, indem jene Kräfte ſehr ſelten in einer und derſelben Glasart auf jedem Punkte derſelben gleichförmig ſind, und die Schwierigkeit den zuſammenzuſetzenden Linſen genau die berechnete Dicke und Krümmung geben zu können, das macht, daß jene Berechnungen für den Praktiker nur von einem geringen Nutzen ſind. Sie dienen höchſtens als Approximationen und müſſen durchaus durch wirkliche Verſuche mit verſchiedenen Gläſern und verſchiedenen Schleifwerkzeuchen verbeſſert und berichtigt werden. *)

*) Die folgenden beyden Formeln zur Verfertigung dreyfacher achromatiſcher Objektivlinſen für Teleſkope, ſind aus Eulers Dioptrik, B. I. S. 335 genommen.

P iſt die Hauptbrennpunktslänge.

Als eine von Dollond für ein Teleſkop verfertigte achromatiſche Linſe die, wie Fig. 22. zeigt, aus drey Linſen beſtand, unterſucht wurde, fand man, daß die Halbmeſſer der Krümmungen ihrer ſechs Oberflächen 1, 2, 3, 4, 5 und 6 folgende in Zollen und Linien (decimals) angegebene Dimenſionen hatten und eine andere unterſuchte ähnliche Linſe hatte die in der letzten Kolumne verzeichnete Halbmeſſer.

Die mittlere Brechung aus Luft in Kronenglas iſt angenommen, daß ſie ſich verhalte, wie 1,53 zu 1.

Eben dieſe Brechung aus Luft in Flintglas, wie 1, 58 zu 1.

Die zerſtreuenden Kräfte von Flint- und Kronen-Glas, wie 3 zu 2.

Erſte Formel.

Die Halbmeſſer der Oberflächen, die mit der nächſten am Objektiv anfangen, ſind folgende:

Eine Bikonvexe von Kronenglas	erſte Oberfläche	= 0,5004 . p.
	zweyte Oberfl.	= 3,6665 . p.
Eine Bikonkave von Flintglas	erſte Oberflache	= — 0,5167 . p.
	zweyte Oberfl	= — 0,4843 . p.
Eine Bikonvexe von Kronenglas	erſte Oberfläche	= 0,5291 . p.
	zweyte Oberfl.	= 0,4757 . p.

Halbe Oeffnung = 0,1189 . p.

Zweyte Formel.

Eine Bikonvexe von Kronenglas	erſte Oberfläche	= 0,2829 . p.
	zweyte Oberfl.	= 2,0729 . p.
Eine Bikonkave von Flintglas	erſte Oberfläche	= — 2,1459 . p.
	zweyte Oberfl.	= — 0,2955 . p.
Eine Bikonvexe von Kronenglas	erſte Oberfläche	= 0,5938 . p.
	zweyte Oberfl.	= 2,5006 . p.

Halbe Oeffnung = 0,07[illegible]7 . p.

Erſte, das iſt die äußere dem Gegenſtande nächſte Oberfläche.		Halbmeſſer der anderen achromatiſchen Objektivlinſe, ebenfalls in Zollen und Linien.
1.	28	28
2.	40	35, 5
3.	20, 9	21, 1
4.	28	25, 75
5.	28, 4	28
6.	28, 4	28

Der Hauptbrennpunkt der erſteren dieſer achromatiſchen Linſen war ohngefähr 46 Zoll von ihrer Oberfläche entfernt, und die Entfernung des der zweyten achromatiſchen Linſe betrug ohngefähr 46,3 Zoll.

Der in dem vorhergehenden erwähnten Abweichungen ohngeachtet, nimmt man an, daß Glaslinſen, wenn ſie nicht ſehr dick ſind, für ſolche Strahlen, die von einem einzelnen leuchtenden Punkte kommen, einen beſtimmten Brennpunkt gebrochener Strahlen hätten, und die Entfernung dieſes Brennpunkts von der Oberfläche der Linſe wird die Brennpunkts-Entfernung (Brennweite) dieſer Strahlen genannt. Ja man eignet ſelbſt einer Kugel einen ſolchen Brennpunkt zu, indem man darunter den Mittelpunkt der Kugel verſteht.

Es iſt daher nothwendig, daß ich zeige, wie dieſe Brennweite für die verſchiedenen Arten von Linſen beſtimmt wird. In der That kann man ſie in allen Fällen nach der allgemeinen S. 190 beſchriebenen Methode beſtimmen, allein es wird doch von Nutzen ſeyn, die Hauptreſultate ſolcher Unterſuchungen für die gewöhnlicheren Linſen aufzuſtellen und zugleich einige leichtere und ziemlich beſtimmte Regeln zur Auffindung der Brennpunkte aller Arten von Linſen anzugeben. Voraus aber muß ich noch eine kurze Erklärung von der Wirkung flacher Platten gehen laſſen.

Vor allen Dingen muß ich erinnern, daß wenn ein Lichtſtrahl, ob er gleich auf eine brechende Platte, wie die Glasplatte A B, Fig. 24. Taf. xx. iſt, einfällt, durch dieſelbe geht, der ausfallende Theil C D deſſelben, allemal dem einfallenden Theile E F parallel ſeyn wird, ſo lang die Oberflächen der brechenden Platte einander parallel ſind, und die Platte von einem und demſelben gleichförmigen Mittel, es ſey dies nun Luft oder Waſſer u. ſ. w. umgeben bleibt; denn obgleich der Strahl, indem er auf der erſten Oberfläche in die Platte geht, gebogen wird, ſo iſt es doch einleuchtend, daß er, bey ſeinem Ausgange aus der anderen Oberfläche der Platte um eben ſo viel nach der entgegengeſetzten Richtung muß gebogen werden.

Wenn ein in einem brechenden Mittel befindlicher Gegenſtand, von einem Auge, das ſich in einem anderen Mittel, deſſen Brechbarkeit von der des erſteren verſchieden iſt, befindet, geſehen wird und die Grenze der beyden Mittel eine ebene Oberfläche iſt, ſo kann der Geſichtswinkel vergrößert oder verkleinert und folglich der ins Auge fallende Gegenſtand auch vergrößert oder verkleinert werden; er wird nemlich vergrößert werden, wenn ſich das Auge in dem ſchwächer brechenden Mittel befindet, und umgekehrt.

So wird ein Gegenſtand A B, Fig. 25 Taf. xx. der ſich im Waſſer befindet, einem Auge bey C, alſo in der an dem Waſſer liegenden Luft, vergrößert erſcheinen, weil die äußeren Strahlen A F, B G, dadurch, daß ſie ſchief auf die Oberfläche F G fallen, gebogen werden, ſo daß ſie bey dem Auge einen größeren Winkel machen müſſen. Und eben das gilt auch von den mittleren Strahlen, D E ausgenommen, der, weil er ſenkrecht auf die Oberfläche fällt, nicht von ihr gebogen wird.

Aus dem was von einer flachen Platte iſt geſagt worden, ergiebt ſich, daß es gegen die Mitte der Ober-

fläche einer jeden Linſe einen Punkt giebt, bey welchem der ausgehende Theil eines auf die Linſe fallenden und durch ſie gehenden Strahles dem einfallenden Theile parallel iſt, denn der Einfallspunkt und der Ausfallspunkt können in eine ſolche Lage gebracht werden, daß ſie, wenn zwey Flächen die Oberflächen bey dieſen Punkten berühren, einander parallel ſind. Derjenige Strahl, oder derjenige Theil eines Lichtkegels, der auf dieſe Art ohne gebogen zu werden durch die Linſe geht, wird die Axe dieſes Lichtkegels genannt und dieſe Axe geht immer durch den Mittelpunkt der Linſe.

Wenn Lichtſtrahlen verſchieden geneigt auf eine und dieſelbe Linſe fallen, ſo iſt es einleuchtend, daß ſie auch ihre Brennpunkte in verſchiedenen Entfernungen von der Linſe haben müſſen. So wird, zum Beyſpiele, die nemliche Beugung oder Brechung nach innen zu, ſolche Strahlen, die bereits ſtark gebogen oder geneigt ſind, viel geſchwinder gegen einander biegen, als diejenigen, die bereits weniger geneigt, oder welche divergirend ſind.

Wenn Lichtſtrahlen einander parallel ſind wie diejenigen, die von einem Punkte der Oberfläche der Sonne oder irgend einem anderen entfernten Punkte kommen, und ſenkrecht, oder doch beynahe ſo, auf die Oberfläche einer Linſe fallen, ſo wird der Brennpunkt dieſer Strahlen nach der Brechung, der Hauptbrennpunkt dieſer Linſe, und ſeine Entfernung von der Linſe die Hauptbrennpunkts-Entfernung, (Hauptbrennweite) derſelben genannt.

Den Hauptbrennpunkt einer Linſe kann man entweder durch Verſuche finden, welches bey weitem die geſchwindeſte Art iſt, oder auch durch Berechnung.

Bey einem Plankonvex, einem Konvexokonvex oder Bikonvex oder einem Meniſkus iſt der Hauptbrennpunkt ein wirklicher Brennpunkt, (focus phyſicus ſeu actualis,) bey den anderen Linſen aber iſt der Brennpunkt

ein eingebildeter, (oder ein Zerſtreuungspunkt, focus virtualis ſeu geometricus.) Um den Hauptbrennpunkt einer Linſe der erſten Art zu finden, halte man die Linſe ſo gegen die Sonne, daß die Strahlen derſelben ſenkrecht auf ſie fallen können und meſſe dann die Entfernung, in welcher die Strahlen in einem weißen, runden und gut umſchriebenen Fleck oder Punkt auf einem weißen Papiere, das zu dem Ende in größerer oder geringerer Entfernung muß gehalten werden, ſich ſammeln, ſo iſt dieſe Entfernung die geſuchte Hauptbrennpunkts-Entfernung oder Brennweite. Statt der Sonne kann man ſich eben ſo gut eines anderen entfernten leuchtenden Gegenſtandes zu dieſem Verſuche bedienen.

Um den eingebildeten Brennpunkt einer Hohllinſe, oder einer Plankonkaven, oder Konkavo-konvexen zu finden, ſchneide man in ein Stück ſchwarzes Papier ein rundes Loch und hefte dieſes Papier ſo an die Linſe, daß der Mittelpunkt des Loches auf den Mittelpunkt der Linſe oder doch ſehr nahe an denſelben zu ſtehen kömmt; darauf ziehe man auch einen Kreis auf ein Stück ſteifes Papier oder auf eine Karte, deſſen Durchmeſſer gerade noch einmal ſo groß iſt, als der Durchmeſſer des Loches in dem Papiere iſt, das auf der Linſe befeſtigt worden. Wenn dies geſchehen iſt, ſo halte man die Linſe in ſenkrechter Richtung gegen die Sonnenſtrahlen, und bewege an der anderen Seite derſelben die Karte mit dem Kreiſe ſo lange vorwärts und rückwärts, bis die durch die Linſe gehenden und auf die Karte fallenden Strahlen auf ihr einen Fleck bilden, der genau dem Kreiſe auf ihr gleich iſt, dann iſt die Entfernung zwiſchen der Karte und der Linſe die geſuchte Entfernung des eingebildeten Hauptbrennpunkts, denn wenn von dem Rande des auf der Karte befindlichen Flecks aus und längs dem Rande des auf der Linſe befindlichen Loches gerade Linien gezogen werden, ſo werden ſie auf

einem Punkte koincidiren oder zuſammentreffen, der eben ſo weit von der anderen Seite der Linſe als die Karte von der entgegengeſetzten Seite derſelben entfernt iſt.

Die Hauptbrennpunkts-Entfernung oder Hauptbrennweite einer plankonvexen Glaslinſe iſt beynahe dem Durchmeſſer ihrer Krümmung gleich; bey einer bikonvexen Linſe aber iſt jene Brennweite beynahe dem Halbmeſſer der Krümmung gleich. Bey einer plano-konkaven iſt die Entfernung des eingebildeten Hauptbrennpunkts von der Linſe beynahe dem Durchmeſſer der Krümmung gleich; bey einer bikonkaven Linſe iſt jene Entfernung dem Halbmeſſer der Höhlung gleich. *)

*) Die folgenden beyden Regeln ſind in Smith's Optik B. 2. Kap. 3. Graveſands Anfangsgründen der Phyſik B. 5. in dem Scholium zum 9ten Kap. und anderen von der Optik handelnden Werken demonſtrirt.

I.

Den Brennpunkt paralleler Strahlen, welche ſenkrecht, oder beynahe ſo, auf eine gegebene Linſe fallen, zu finden.

Man laſſe E Fig. 1, 2 und 3 Taf. XXI, den Mittelpunkt der Linſe, R und r die Mittelpunkte ihrer Oberflächen, oder ihrer Krümmungen (Sphericities,) Rr ihre Axe, und gEG eine Linie, welche mit dem auf die Oberfläche B, deren Mittelpunkt R iſt, einfallenden Strahle parallel iſt, ſeyn. Dann ziehe man parallel mit gE einen Halbdurchmeſſer BR, verlängere ihn und laſſe in ihm V den Brennpunkt der Strahlen nach ihrer erſten Brechung bey der Oberfläche B ſeyn; dann vereinige man Vr und laſſe ſie gE, die in G verlängert worden, ſchneiden, ſo wird G der Brennpunkt der von der Linſe ausgehenden Strahlen ſeyn.

II.

Wenn der Brennpunkt, der auf eine einzelne Oberfläche, Kugel oder Linſe einfallenden

Es muß hier ein für allemal bemerkt werden, daß die Richtungen eines gegebenen einfallenden und gebrochenen Strahls auch dann noch die nemlichen ſind, wenn die letztere die einfallende und die erſtere die gebrochene Richtung genannt wird. Zum Beyſpiele: wenn die einfallenden Strahlen parallel ſind, ſo wird der gebrochene Brennpunkt in einer gewiſſen Entfernung von der Linſe ſeyn; wenn nun in dieſer Entfernung ein leuchtender Gegenſtand angebracht wird, ſo werden die gebrochenen Strahlen parallel fort gehen. Das nemliche gilt von jedem Paar Brennpunkten einer Linſe, denn wenn einer von ihnen der leuchtende genannt wird, ſo wird der andere der gebrochene Brennpunkt ſeyn.

Wenn

Strahlen gegeben worden, den Brennpunkt der ausfallenden Strahlen zu finden.

Man laſſe einen Punkt Q Fig. 4 und 5 Taf. XXI. den Brennpunkt der auf eine ſphäriſche Oberfläche, Linſe oder Kugel, deren Mittelpunkt E iſt, einfallenden Strahlen ſeyn, und laſſe, in einer dieſen Strahlen entgegengeſetzten Richtung andere, mit der Linie QEq parallele Strahlen kommen und ſie nach der Brechung zu dem Brennpunkt F gehören, (alſo den Hauptbrennpunkt F bezeichnen;) dann ſage man, indem man Ef mit EF gleich nimmt, wie ſich QF zu FE verhält, ſo verhält ſich Ef zu fq, und indem man fq nach der entgegengeſetzten Richtung von f aus nimmt, als welche FQ von F aus hat, ſo wird der Punkt q der Brennpunkt der gebrochenen Strahlen ſeyn, ohne daß ein merklicher Fehler dabey ſtatt hätte, wenn nemlich der Punkt Q nicht ſo weit von der Axe entfernt und auch die Oberfläche nicht ſo breit iſt, daß irgend einer von den Strahlen ſchief auf ſie fallen muß.

Wenn die Strahlen nicht von einem Punkte und auch nicht parallel, ſondern konvergirend oder zuſammenfahrend kommen, dann muß ihr eingebildeter Brennpunkt als der leuchtende Punkt betrachtet werden.

Wenn die einfallenden Strahlen ſtatt parallel zu ſeyn, entweder konvergirend, oder divergirend ſind, dann kann man, ob der Brennpunkt näher bey der Linſe oder weiter von ihr entfernt als der Hauptbrennpunkt iſt, nach der Geſtalt der Linſe beſtimmen, je nachdem ſie nemlich entweder hohl oder erhaben iſt, u. ſ. w. welches keiner beſonderen Erläuterung bedarf. Die genaue Entfernung des Brennpunkts in ſolchen Fällen aber, kann leicht nach der zweyten Regel der letzteren Anmerkung beſtimmt werden.

Ich habe zwar in dem vorhergehenden nur von dem Gange eines einzelnen Strahlenkegels, durch eine Linſe, das heiſt: eines ſolchen, der von einem einzelnen Punkte kömmt, geredet, allein das darüber geſagte läßt ſich auch ſo ſehr leicht auf die verſchiedenen Punkte eines Gegenſtandes anwenden, daß auch ſchon eine kurze Erläuterung die Sache deutlich machen wird.

Man laſſe D E, Fig. 6. Taf. XXI. ein Objekt oder einen Gegenſtand und A B eine bikonvexe Linſe ſeyn, deren Mittelpunkt C iſt. Dann unterſuche man die blos von drey Punkten des Gegenſtandes kommenden Strahlenkegel, weil die Lage der darzwiſchen befindlichen Strahlenkegel offenbar von dieſen dreyen eingeſchloſſen wird. Von allen dieſen, von einem jeden dieſer Punkte ausgehenden Strahlen nun, muß, nachdem was oben iſt geſagt worden, derjenige, der durch den Mittelpunkt C der Linſe geht, in einer geraden Richtung fortgehen *), ſo daß DCI, FCH und ECG gerade Linien ſind; zweytens muß der Brennpunkt der Strahlen D B A, nach

*) Eigentlich zu reden ſind die einfallenden und die gebrochenen Theile dieſes Strahles nicht in einer geraden Linie, ſondern ſie laufen parallel mit einander. Iſt jedoch die Linſe nicht beſonders dick, ſo kann man ſie ohne Bedenken als eine gerade Linie annehmen, da die Differenz oder der Unterſchied unmerklich iſt.

der Brechung irgend wo auf der Axe oder der geraden Linie D C I; der Brennpunkt des mittleren Strahlenkegels F B A irgendwo auf F C H und der Brennpunkt des dritten Strahlenkegels auf E C G ſeyn. Drittens muß der gebrochene Brennpunkt eines jeden Strahlenkegels auf derjenigen Seite der Axe der Linſe ſeyn, die der entgegengeſetzt iſt, auf welcher ſich der einfallende oder ſtrahlende Brennpunkt befindet; zum Beyſpiele: der gebrochene Brennpunkt I, iſt unter der Axe der Linſe, indes der einfallende oder ſtrahlende Brennpunkt D über derſelben iſt, und der gebrochene Brennpunkt G dargegen iſt über der Axe, indes ſein ſtrahlender Punkt E unter derſelben iſt, wovon die Folge iſt, daß, wenn der Gegenſtand D E ſtark genug leuchtet und ein Stück weißes Papier, oder ein anderer flacher dunkler Körper bey G I angebracht wird, ſich von dem Gegenſtande DE, ein Bild, wiewohl in umgekehrter Stellung darauf zeigen wird. Nimmt man den dunklen Körper hinweg, ſo wird ein an der einen Seite ſtehender Beobachter kein Bild mehr ſehen, denn die Lichtſtrahlen gehen, ob ſie gleich bey ihren reſpektiven Brennpunkten in I H G zuſammen fallen, doch hinter dieſer Stelle divergirend durch die Luft oder einen anderen durchſichtigen Körper fort, und es kommt keiner von ihnen zu dem an der Seite ſtehenden Beobachter. Wird das Papier in einer größeren oder geringeren Entfernung von der Linſe als die Stelle G I davon entfernt iſt, gehalten, ſo wird darauf nur ein unvollkommenes oder überhaupt gar kein Bild ſichtbar, weil die Strahlen der reſpektiven Strahlenkegel, an keiner anderen Stelle zuſammen fallen.

Aus dem was oben in Bezug auf die zuſammen gehörigen Brennpunkte eines und deſſelben Strahlenkegels iſt geſagt worden, ergiebt ſich deutlich, daß, wenn der Gegenſtand D E der Linſe näher gebracht wird, die gebrochenen Brennpunkte, oder das Bild G H I,

weiter von der Linſe entfernt gebildet werden muß, und ſo auch umgekehrt. Und daraus folgt denn, daß, (da die, bey dem Mittelpunkte der Linſe durch die Axen der zwey äußerſten Strahlenkegel gebildeten Winkel D C E und G C I gleich ſind, *) wenn die Entfernung des Gegenſtandes von der Linſe der Entfernung des Bildes von der Linſe gleich iſt, dann die Größe des Bildes der des Gegenſtandes gleich iſt; daß aber, wenn die Entfernung des Gegenſtandes von der Linſe kleiner iſt, als die Entfernung des Bildes von ihr, das Bild größer iſt als der Gegenſtand und endlich daß wenn jene Entfernung größer iſt als die letztere, das Bild kleiner iſt als der Gegenſtand.

Was die Helligkeit oder den Glanz dieſes Bildes betrifft, ſo muß man erwägen, daß von den unzähligen Strahlen, die von jedem Punkte, zum Beyſpiele von dem Punkte D des Gegenſtandes unaufhörlich nach allen Richtungen hin ausgehen, eine beträchtliche Anzahl, als: DAB, auf die Linſe fallen und in einen einzelnen Punkt I zuſammenfahren, und daß alſo dieſer Punkt mehr oder weniger hell erſcheinen muß, je nachdem die Oberfläche der Linſe größer oder kleiner iſt. Daraus läßt ſich auch die ſehr merkwürdige Eigenſchaft dieſer Linſen leicht erklären, daß, wenn auf dieſe Art ein Bild GHI hervorgebracht worden iſt, und man einen Theil der Linſe, entweder in der Mitte oder an den Seiten verdeckt, dadurch das Bild IG nicht zum Theil unſichtbar gemacht wird, ſondern daß man daſſelbe noch wie zuvor ſeiner ganzen Geſtalt nach ſieht, jedoch mit dem Unterſchiede, daß es nicht mehr ſo hell erſcheint als vorher; denn wenn man jeden unbeſtimmten Theil der Linſe betrachtet, ſo kann man leicht einſehen, daß von jedem Punkte des Gegenſtandes Lichtſtrahlen durch dieſen Theil gehen und bey ihren reſpektiven Brennpunkten in GHI zuſammenfallen müſſen.

*) Euklids Elemente, Buch 1. Satz 15.

Die obige Erklärung des Ganges verſchiedener Strahlenkegel durch eine erhabene Linſe, kann auch, mutatis mutandis, leicht auf die Erklärung der Wirkung von Hohllinſen angewendet werden.

Ueberhaupt muß man ſich erinnern, daß eine bikonvexe, ſo wie eine planokonvexe Linſe und auch der Meniſkus machen, daß die durch ſie gehenden Lichtſtrahlen ſtärker gegen einander gebogen werden, oder weniger auseinander fahrend fortgehen, als vorher. Doch erſtreckt ſich dieſe Wirkung nur bis zu ihrem Zuſammentreffen, oder ihren Brennpunkten, denn hinter dieſer Stelle gehen ſie auseinander fahrend fort. Dagegen machen bikonkave, planokonkave und konkavkonvexe Linſen, daß die durch ſie gehenden Strahlen ſtärker auseinander fahren, oder weniger gegen einander gebogen fortgehen, als vor dem Einfällen derſelben in die Linſe.

Zum Schluſſe dieſes Kapitels will ich noch einige leichte Verſuche beſchreiben, welche die meiſten der angegebenen Eigenſchaften der Linſen auf eine faßliche Art beweiſen.

Man nehme eine hohle Glaskugel oder einen kugelförmigen Abklärer (decanter) und befeſtige an der einen Seite deſſelben ein Stück braunes Papier, in welchem man ein Loch, deſſen Größe ohngefähr den vierten Theil des Durchmeſſers der Kugel beträgt, ausgeſchnitten hat. Darauf fülle man das Gefäß mit Waſſer an und ſtelle es ſo der Sonne aus, daß die bedeckte Seite deſſelben gegen ſie gerichtet iſt, ſo werden die durch das in das Papier geſchnittene Loch und durch das Waſſer gehenden Strahlen, auf der anderen Seite der Kugel, in einen Brennpunkt oder in einen runden und gut umſchriebenen Fleck vereinigt werden, den man auf einem Stück Pa-

pier auffangen kann, und wenn man die Entfernung deſſelben von der Kugel miſſet, ſo wird man finden, daß ſie der Hälfte des Durchmeſſers der letzteren gleich iſt. Wird dieſer Verſuch mit der leeren Kugel wiederholt, ſo wird kein Brennpunkt gebildet. Füllt man die Kugel, ſtatt ſie mit Waſſer zu füllen, mit Terpentingeiſt an, ſo wird man finden, daß die Brennpunktsentfernung oder die Brennweite kürzer iſt, als wenn die Kugel mit Waſſer angefüllt iſt. Der Grund davon iſt: weil die brechende Kraft des Terpentingeiſtes ſtärker iſt als die des Waſſers. Macht man den Verſuch mit einer maſſiven Glaskugel, ſo wird die Brennpunkts-Entfernung von dem nächſten Theile der Oberfläche derſelben dem vierten Theile ihres Durchmeſſers gleich ſeyn.

Der Grund, warum die eine Seite der Kugel mit einem ausgeſchnittenen Papiere muß bedeckt werden, iſt, weil, wenn die ganze Kugel dem Lichte ausgeſetzt wird, die auf die mehr nach außem zu liegenden Stellen derſelben fallenden Strahlen, dann ihre gebrochenen Brennpunkte näher an der Kugel haben, als diejenigen, welche näher bey der Achſe auffallen. Alle dieſe Brennpunkte bilden die Brechungs-Brennlinien, welche krumme Linien man auf folgende Art beobachten kann:

Wenn das Licht der Sonne oder einer Kerze u. dgl. m. durch eine Glaskugel, ſie ſey nun maſſiv oder hohl und mit Waſſer, Terpentingeiſt u. ſ. w. angefüllt, gebrochen wird und auf ein Tafeltuch, oder ein Stück weißes Papier fällt, das man mit der Axe des Lichtes parallel und ſehr nahe an dieſelbe hält, ſo iſt die dadurch gebildete helle Figur von zwey hellen krummen Linien begrenzt, welches die erwähnten Brennlinien ſind und die ſich, ſo wie ſie ſich von der Kugel entfernen, einander und der Axe des Kegels ſo lange nähern, bis ſie die letztere berühren und an dieſem

Punkte einen ſpitzigen Winkel bilden, deſſen Spitze oder Scheitelpunkt der Hauptbrennpunkt des Lichtkegels iſt.

Wenn man die eine Seite einer konvexen oder erhabenen Linſe mit Papier bedeckt, in welches mit einer Nadel mehrere kleine Löcher geſtochen worden, und ſie in gerader Richtung der Sonne ausſetzt, ſo werden die durch jene Löcher gehenden Strahlen, wenn man ſie auf ein Papier, welches man hinter dem Glaſe ziemlich nahe an daſſelbe hält, fallen läßt, als eben ſo viele weiße Flecken auf demſelben erſcheinen, die allmählig immer näher zuſammenkommen, wenn das Papier von der Linſe zurückgezogen wird, bis ſie ſich endlich in einem einzigen Fleck vereinigen, welcher der Brennpunkt iſt. Das iſt auch die Urſache, warum dieſer Fleck ſo hell und glänzend iſt und warum er mit ſo großer Kraft brennt, wie man aus Erfahrung weiß, daß er es thut. Wenn man die Linſe ein wenig beugt, ſo wird dadurch dieſer Brennpunkt nicht merklich verändert. Wird aber das Papier noch weiter von der Linſe zurückgezogen, ſo trennen ſich die Flecken wieder, und fallen auch nicht weiter zuſammen, weil die Strahlen hinter dieſem Brennpunkte aus einander fahrend fortgehen.

Wenn dieſer Verſuch mit einer Hohllinſe gemacht wird, ſo fallen die Flecken nie zuſammen, ſondern man wird finden, daß ſie ſich in eben dem Verhältniſſe immer weiter von einander entfernen, in welchem das weiße Papier von der Linſe zurückgezogen wird.

Wenn man von einer konvexen Glaslinſe die Brennpunkts-Entfernung oder Brennweite EF, Fig. 7. Taf. XXI. gefunden hat, ſo befeſtige man die Linſe flach vor einem mäßigen Loche, das in ein dünnes Bret CE gemacht worden, und ſtelle dieſes Bret auf einer langen Tafel oder auf dem Fußboden auf. Durch den Punkt C, gerade unter dem Mittelpunkte der Linſe, ziehe man eine lange, auf dem Brete ſenkrechte Linie AB und

meſſe oder beſtimme auf derſelben die Hauptbrennpunkts-Entfernung der Linſe von C bis zu F und von F zu I, von I zu II, von II zu III u. ſ. w. und thue dies auch auf der anderen Seite von C zu f, von f zu 1, von 1 zu 2, von 2 zu 3 u. ſ. w. Dann nehme man $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$ u. ſ. w. dieſer Brennpunkts-Entfernung und trage ſie von F gegen I auf die Linie auf, und thue dies auch von f gegen 1, und ſetze zu dieſen Abtheilungspunkten die Zahlen $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$, wie auf dem Kupfer angegeben iſt. Darauf verfinſtere man das Gemach und ſetze bey Q über die Zahl I ein brennendes Licht, ſo wird man ſehen, daß die durch die Linſe gehenden Strahlen ſich auf einem über die gegenüberſtehende Zahl I gehaltenen Papiere bey q vereinigen werden, und daß, wenn das Licht bis zu II und das Papier bis zu 2 zurückgezogen wird, die Strahlen ſich auch hier vereinigen werden, und daß dies auch eben ſo geſchehen wird, wenn das Licht und Papier bis zu III und $\frac{1}{3}$ und IV und $\frac{1}{4}$ u. ſ. w. zurückgezogen werden, ja man bekömmt auch dann dieſe Wirkung, wenn man die Stellungen zwiſchen dem Lichte und dem Papiere verwechſelt. Man ſieht, daß fq in eben dem Verhältniſſe abnimmt, in welchem FQ zunimmt, und ſo verhält ſich's auch im umgekehrten Falle.

„Wenn alles ſo bleibt, wie es bisher beſchrieben worden und dann an die eine Seite des Lichtes und in der nemlichen Entfernung von der Linſe, noch ein zweytes Licht geſtellt wird, ſo wird die Vereinigung der Strahlen deſſelben ein anderes Bild auf dem Papiere q an der entgegengeſetzten Seite der Axe QEq hervorbringen, und man wird finden, daß ſich die Entfernung zwiſchen den beyden Bildern, zu der Entfernung zwiſchen den Lichtern eben ſo verhalten wird, wie ſich die Entfernung der Bilder von der Linſe zu der Entfernung der Lichter von derſelben verhält. Dieſe Beobachtungen

ſind eine Beſtätigung des Grundes, den man angiebt, warum das Bild eines einzelnen Lichtes in umgekehrter Stellung auf dem Papiere erſcheint, und warum die Größe deſſelben verändert wird, wenn man ſeine Stelle verändert; denn das was man von zwey Lichtern beobachtet hat, läßt ſich auch auf jede beliebige zwey andere Punkte des nemlichen Lichtes anwenden *)."

Wird bey einem der erwähnten Verſuche ein Theil der Linſe mit irgend einem undurchſichtigen Körper, zum Beyſpiele, mit einem Stück braunem Papier, bedeckt, ſo kann man das ganze Bild des einzelnen Lichtes, oder der beyden Lichter genau eben ſo gut ſehen, als wenn die ganze Linſe unbedeckt bleibt. Nur wird es denn nach Verhältniß der bedeckten Oberfläche der Linſe weniger hell erſcheinen.

Sechstes Kapitel.

Beſchreibung des Auges und des Sehens.

Die Empfindung von Gegenſtänden, die durch die Wirkung des Lichtes, bey uns hervorgebracht wird, nennt man das Sehen, und das Werkzeug oder Organ, welches den Eindruck von jener Wirkung bekömmt und durch welches die Empfindung dem Senſorium mitgetheilt wird, iſt das Auge, deren der Menſch zwey und kein bekanntes Thier weniger als zwey hat.

Das Auge ſcheint ſeinem Bau und ſeiner Einrichtung nach, in Vergleichung mit den übrigen äußeren

*) Man ſehe Smiths Optik Buch 1. Kap. 2.

Sinnen des menſchlichen Körpers, am beſten bekannt zu ſeyn; indeſſen wiſſen wir doch nicht mehr davon, als daß in dem Auge von den Gegenſtänden, die wir wahrnehmen, ein Gemälde oder ein Bild gezeichnet wird, ſo lange die Gegenſtände ſich vor demſelben befinden, und daß das Auge ſo gebaut iſt, daß es nach Beſchaffenheit der Umſtände ſeine Einrichtung ändern kann, um jenes Bild zu bekommen, oder in ſich aufzunehmen. Aber wir maßen es uns nicht an, die Art, wie ſich die Empfindung dieſes Bildes durch den Nerven, auf deſſen Fortſetzung daſſelbe hervorgebracht wird, dem Senſorium mittheilt, zu erklären.

Um zu zeigen, wie dieſes Bild entſteht, u. ſ. w. iſt es nothwendig, die wundervolle Einrichtung und Wirkung des Auges zu beſchreiben; damit aber dem Anfänger die Erklärung dieſer Wirkung und die Beſchreibung der Theile des Auges deſto verſtändlicher werde, will ich ihr eine kurze Angabe des Grundſatzes vorausgehen laſſen, auf den die Einrichtung der Camera obscura (oder dunkeln Kammer) gegründet iſt.

Wenn in den Fenſterladen eines verdunkelten Zimmers oder in einen dunklen Kaſten ein kleines Loch gemacht wird und vor demſelben außerhalb des Zimmers oder des Kaſtens durch die direkten Sonnenſtrahlen erleuchtete Gegenſtände, zum Beyſpiele Thiere, Bäume u. ſ. w. befindlich ſind, ſo ſieht man in dem Zimmer auf der gegenüberſtehenden Wand, oder auf einem gegen das Loch gehaltenen Schirm, ein umgekehrtes Bild von dieſen Gegenſtänden, das jedoch unvollkommen und undeutlich iſt. Wenn das Loch ſehr klein iſt, wenn es, zum Beyſpiele, ohngefähr den zehnten Theil eines Zolls im Durchmeſſer hat, ſo können nur wenig Strahlen durch daſſelbe gehen und daher iſt das Bild nur ſchwach. Iſt aber das Loch beträchtlich größer, dann kommen die zu einem jeden leuchtenden oder ſtrahlenden Punkte gehöri-

gen verſchiedenen Strahlen divergirend durch daſſelbe, und werden auf der Wand oder dem Schirme zerſtreut, ſo daß das Bild ſehr undeutlich wird. In beyden Fällen werden die Strahlen mehr oder weniger durch die Ränder oder Seiten der Oeffnung gebogen.

Bringt man an dem Loche eine konvexe oder erhabene Linſe an, ſo wird ſich auf dem in dem Zimmer befindlichen Schirm, ein ſchönes aber umgekehrtes Bild der äußerlichen Gegenſtände in ihren natürlichen Farben zeigen. Soll dies jedoch geſchehen, ſo muß der Schirm in die Brennpunktsentfernung der Linſe geſtellt werden, und dieſe Entfernung oder Brennweite verändert ſich, je nachdem die Entfernung der äußeren Gegenſtände von dem Zimmer verändert wird. *) Daher können nicht alle die äußeren Gegenſtände gut umſchrieben und gehörig abgebildet auf dem Schirme erſcheinen, denn da ſie ſich in ungleichen Entfernungen von demſelben befinden, ſo müſſen die Brennweiten innerhalb des Zimmers ebenfalls ungleich ſeyn und folglich kann der Schirm zwar für einige, aber nicht für alle paſſend geſtellt werden. Sind jedoch die äußeren Gegenſtände nicht ſehr nahe, ſo werden ſie ſich auf dem Schirme, wenn auch der Standpunkt deſſelben nicht verändert wird, dennoch deutlich zeigen und es wird ſich ein angenehmes Bild des Ganzen darſtellen.

Durch Einſetzung einer ſolchen erhabenen Linſe in das Loch der dunkeln Kammer erhält man mehrere Vortheile. Erſtlich werden die durch die Linſe gebrochenen Lichtkegel genöthiget nach ihren reſpektiven Brennpunkten zu konvergiren oder zuſammenzufahren; daher iſt es vortheilhaft ein großes Loch zu machen und eine große Linſe dabey anzubringen, weil dann von jedem einzel-

*) Man ſehe hiebey, was oben von den vereinigten Brennpunkten der Linſen iſt geſagt worden.

nen Punkte der Gegenſtände eine groſse Lichtquantität einfallen kann, und zweytens wird auch durch ein groſſes Loch die Beugung des Lichtes verhütet.

Die folgende Beſchreibung des Auges wird zeigen, daſs es die vortrefflichſte Camera obscura oder dunkle Kammer iſt, und daſs es alle dazu erforderlichen Eigenſchaften im höchſten Grade der Genauigkeit und Zartheit beſitzt. Es iſt ein dunkler Raum, der eine Oeffnung zum Eindringen des Lichtes und Linſen hat, welche an dem hinteren Theile ſeiner Hohlung ein Gemälde von äuſseren Gegenſtänden bilden können, und dabey iſt es auch noch im Stande ſich innerhalb gewiſſer Grenzen den Gegenſtänden nach ihrer Entfernung gehörig anzupaſſen, oder ſich die gehörige Einrichtung zu geben *).

Fig. 8 Taf. XXI. ſtellt den Durchſchnitt eines Menſchenauges, aber gröſser als nach ſeiner gewöhnlichen Gröſse dar. Seine Geſtalt iſt beynahe kugelförmig. Das was man von dem Auge eines lebendigen Weſens ſieht, iſt ein Theil einer erhabenen oder gekrümmten weiſsen Hervorragung, die auf einer geſtrahlten Baſis ruht und bey verſchiedenen Perſonen eine verſchiedene Farbe hat, u. ſ. w. Dieſer ſichtbare Theil des Auges iſt, wie er ſich von vorne geſehen zeigt, durch Fig. 9 und der Theil ABECD, des Durchſchnittes Fig. 8 abgebildet und B E C iſt der durchſichtige Theil deſſelben. Der hintere Theil AFD, iſt von ſechs Muſkeln umgeben, deren Endpunkte an der äuſseren Haut des Auges ſtark befeſtigt ſind und deren Beſtimmung iſt, es nach den verſchiedenen nöthigen Richtungen zu bewegen. Die umſtändliche

*) Das Auge iſt im Stande ſeine Einrichtung zu ändern und ſeine Geſichtsweite gröſser zu machen, aber auch kleiner, und in beyden Fällen noch deutlich zu ſehen, und die Grenzen, in welchen ein gutgebautes Auge, das fähig iſt ſeine Einrichtung ſtark zu ändern, mit ziemlicher Deutlichkeit ſehen kann, laſſen ſich ſehr weit ausdehnen. T.

Beſchreibung dieſer Muſkeln aber gehört nicht hieher.

Der Augapfel beſteht aus den äußeren Häuten A B E C D F A´ und aus inneren Feuchtigkeiten, welche die ganze Hohlung anfüllen und die Häute beynahe kugelförmig ausgeſpannt erhalten.

Die Membranen, Häute oder Bedeckungen des Auges ſind folgende: die äußere, iſt eine harte oder feſte Haut und heiſt: die Sklerotika, die harte Haut, deren vorderer Theil, nemlich B E C durchſichtig und ſtärker gekrümmt iſt und daher die Hornhaut (cornea) oder die durchſichtige hornartige Subſtanz, genannt wird. Der an der Hornhaut liegende Theil, nemlich A B, D C, iſt weiß und wird daher gewöhnlich das Weiße des Auges genannt. Die zweyte unter der harten Haut (ſclerotica) liegende Haut, wird die Aderhaut, (braune Haut, Gefäßhaut, Choroides) genannt. Dieſe verbreitet ſich oder dehnt ſich bey a b unter der Hornhaut aus und bildet den gefärbten Theil des Auges a e, b c, welcher die Iris genannt wird *). Sie beſteht aus muſkulöſen Fibern oder Bändern, die in einer zwiefachen Richtung angebracht ſind, indem einige ſtrahlenähnlich ſind und nach dem Mittelpunkte zu laufen und andere kreisförmig. Beynahe in ihrem Mittelpunkte iſt die Iris mit einer runden Oeffnung durchbohrt, welche der Stern, die Pupille genannt wird. Dieſer Stern behält nicht immer einerley Größe, denn er wird durch die Zuſammenziehung oder die Ausdehnung (Erſchlaffung) der Fibern der Iris, größer oder kleiner; wenn nemlich die ſtrahlenähnlichen Fibern zuſammengezogen und die kreis- oder ringförmigen ausgedehnt oder erſchlafft werden, ſo wird die Pupille größer, und wenn die letzteren zuſammengezogen und die erſteren aus-

*) Man ſehe auch Fig. 9, wo das Auge von vorne abgebildet iſt. (Die Iris heißt auch Regenbogenhaut.)

gedehnt werden, ſo wird ſie kleiner. *) Die Farbe der Iris iſt bey verſchiedenen Perſonen verſchieden; ſie ſcheint aber keinen Zuſammenhang mit irgend einer beſonderen Beſchaffenheit der Conſtitution oder der Bildung des menſchlichen Körpers zu haben.

Unter der Iris iſt eine Verlängerung d f der Aderhaut (choroides), die ein ringförmiges Fibernband bildet, das die kryſtalliniſche Feuchtigkeit d o f umſchließt. Dies ringförmige Band heißt das Strahlenband, (ligamentum ciliare).

An dem hinteren Theile des Auges, jedoch nicht genau der Pupille entgegenſtehend, bemerkt man eine Verlängerung der Häute des Auges. Dieſe Verlängerung umgiebt einen Nerven, der von dem Gehirne ausgeht und der Sehnerve, (nervus opticus) genannt wird. Der innere, oder markige Theil deſſelben überzieht die Aderhaut bis an den Urſprung der Strahlenfaſern d f hin, und bildet die innerſte Haut des Auges, welche die Netzhaut, (retina,) heißt, (und alſo eine Verbreitung des ins Auge eingetretenen Markes des Sehnerven iſt). Dies iſt eine dünne weiße Haut, welche dem feinſten Netze oder der feinſten Leinwand gleicht *).

*) Dies iſt eine bewundernswürdige Einrichtung! Sie iſt es nemlich, welche der Pupille, ſie mag ſich nun erweitern oder verengern, immer ihre kreisförmige Geſtalt erhält.

Die Pupille iſt ſelten mit der Iris vollkommen concentriſch. Ihre Oeffnung iſt beträchtlich verſchieden nach der Verſchiedenheit der Individuen. Bey einigen Perſonen hat der Durchmeſſer derſelben in ihrem verengerten Zuſtande ohngefähr ein Zehntheil eines Zolles und wenn ſie am ſtärkſten erweitert iſt, iſt er größer als ein Viertheil eines Zolles; bey anderen iſt er weniger verſchieden.

*) Der Sehnerve tritt nicht genau in die Axe, oder in die Mitte des Auges, das heißt: nicht in der geraden Linie E I, die man als in einer ſenkrechten Richtung auf die Hornhaut

Die beſchriebenen drey Häute enthalten drey durchſichtige Feuchtigkeiten, welche die wäſſerigte, die kryſtalliniſche und die gläſerne Feuchtigkeiten genannt werden.

Die kryſtalliniſche Feuchtigkeit dosf, iſt eine feſte, zelligte, durchſichtige Subſtanz in der Geſtalt einer bikonvexen Linſe, deren hintere Oberfläche dof ſtärker gekrümmt iſt als die andere dsf. *) Dieſe Linſe hängt mit ihrem ganzen Rande an dem Strahlenbande, (ligamentum ciliare). Die ganze, zwiſchen der Hornhaut und der kryſtalliniſchen Feuchtigkeit befindliche Hohlung iſt mit einer Flüſſigkeit angefüllt, welche man die wäſſe-

und auf die Kryſtalllinſe durch das Auge gehend annimmt, ein, ſondern er weicht in einem jeden Auge von der Axe nach der Naſe zu, ohngefähr um den vierzehnten Theil des ganzen Umfanges des Auges ab; dieſe Entfernung iſt aber nicht in allen Augen die nemliche.

Wer eine genauere Beſchreibung der Augenhäute, ſo wie auch der Gefäße, Drüſen u. ſ. w. dieſes Organs, die hier nicht an ihrem rechten Orte ſtehen würde, zu haben wünſcht, der findet ſie in den Schriften der Anatomiker.

*) Es iſt ſo ziemlich die Meinung der meiſten Anatomiker, daß die Kryſtalllinſe aus muskulöſen Fibern oder Faſern beſtehe. Die eigenthümliche Schwere derſelben iſt ohngefähr 1, 1, alſo nur ſehr wenig größer als die des Waſſers. Ihre Conſiſtenz und folglich auch ihre Brechungskraft iſt nicht immer gleichförmig. „Im Ganzen, ſagt Doctor Young, iſt es wahrſcheinlich, daß ſich die brechende Kraft der menſchlichen Kryſtalllinſe im lebenden Zuſtande zu der des Waſſers wie 18 zu 17 verhält; daß das nach dem Tode eingeſaugte Waſſer, ſie zu dem Verhältniſſe von 21 zu 20 reduzirt, daß aber ihre Wirkung in dem Auge, für ihre ganze Größe, wegen der ungleichen Dichtigkeit der Linſe, einer Brechung von 14 zu 13 gleich iſt.“ Man ſehe die philoſophiſchen Transactionen für 1801. S. 42.

rigte Flüſſigkeit nennt. *) Das Uebrige, nemlich das was den größten Theil der Augenhöhle ausmacht, alſo ofmlkdo, iſt mit einer anderen Flüſſigkeit angefüllt, welche die gläſerne Feuchtigkeit heißt **).

Bey Fig. 8 und 9 iſt das Auge, der größeren Deutlichkeit wegen, größer als es in der Natur zu ſeyn pflegt und auch nicht nach einem genauen Verhältniſſe abgebildet. Die eigentlichen Dimenſionen aber, die man nach einer großen Anzahl wirklicher Meſſungen beſtimmt hat, findet der Leſer in der untenſtehenden Anmerkung †).

*) Es iſt dies ein ſehr helles Waſſer und in Anſehung der Conſiſtenz, der eigenthümlichen Schwere und der brechenden Kraft dem Waſſer ähnlich.

**) Dieſe Feuchtigkeit, von welcher das Auge bey weitem am meiſten enthält, beſteht aus kleinen Zellen, welche von einer hellen wäſſerigen Flüſſigkeit ausgefüllt werden. In Anſehung der eigenthümlichen Schwere und der brechenden Kraft übertrifft ſie Waſſer nur um ein weniges.

†) Dimenſionen des menſchlichen Auges, nach einem Mittel aus mehreren Meſſungen, in Decimallinien eines engliſchen Zolles.

Der Durchmeſſer des Auges von einer Außenſeite bis zur anderen, ein Mittel aus ſechs Augen erwachſener Perſonen genommen	0, 940.
Entfernung der äußeren Oberfläche der Hornhaut von der nächſten Oberfläche der Kryſtalllinſe	0, 104.
Halbmeſſer der Krümmung der Hornhaut	0, 333.
Halbmeſſer der Krümmung der vorderen Fläche der Kryſtalllinſe, ein Mittel aus 26 Augen genommen	0, 331.
Halbmeſſer der Krümmung der hinteren Fläche der Kryſtalllinſe, ein Mittel aus eben ſo viel Augen genommen	0, 250.
Dicke der Kryſtalllinſe, ein Mittel aus der nemlichen Zahl von Augen genommen	0, 185.
Dicke der harten Haut ohngefähr	0, 025.
Dicke der Oberhaut und der Netzhaut zuſammen ohngefähr	0, 015.

Wenn das Auge offen iſt und vor demſelben ſich helle oder erleuchtete Gegenſtände befinden, ſo werden auf der Netzhaut, durch die brechenden Kräfte der erwähnten drey Häute, umgekehrte Bilder jener Gegenſtände hervorgebracht. Wenn von dem hinteren Theile eines friſchen Auges die dickeren Häute hinweggenommen werden, und nun das ſo zubereitete Auge gegen gut erleuchtete Gegenſtände gerichtet wird, ſo können die Bilder derſelben durch die noch übrige dünne Haut deutlich erkannt werden.

Wer den Gang paralleler oder ſolcher Strahlen, die von einem ſehr entfernten hellen oder leuchtenden Punkte kommen, verfolgen und zeichnen will, welches man leicht nach den in der Anmerkung angegebenen Meſſungen und dem was S. 190 geſagt worden, bewerkſtelligen kann, der wird finden, daß ſie durch die Brechungen aller der Feuchtigkeiten, durch welche ſie gehen müſſen, zu einem Brennpunkte auf der Netzhaut werden geſammelt werden, welcher dann auch die wahre Stelle des Bildes iſt. Aber es iſt auch eben ſo einleuchtend, daß wenn dieſe Stelle die Brennweite für parallele Strahlen iſt, ſie nicht auch die Brennweite für auseinanderfahrende Strahlen ſeyn könne, oder mit anderen Worten: daß, wenn die Gegenſtände nur wenige Fuß von dem Auge entfernt ſind, ihre wahren Bilder weiter rückwärts müſſen erzeugt werden, und daß folglich ihre Bilder auf der Netzhaut unvollkommen ſeyn müſſen

Der Sinus des Einfallswinkels verhält ſich zu dem Brechungswinkel bey F, das heißt: aus der Luft in die Hornhaut und die wäſſerigte Feuchtigkeit, wie aus der Luft in Waſſer, oder beynahe wie 4 zu 3. Bey s, das heißt von der wäſſerigten Feuchtigkeit in die kryſtalliniſche, iſt das Verhältniß der Brechung beynahe wie 13 zu 12; und bey o das heißt von der kryſtalliniſchen in die gläſerne Feuchtigkeit, iſt es beynahe wie 12 zu 13.

müſſen, wenn nicht die Netzhaut durch eine Verlängerung der Axe des Auges, *) weiter zurückgebracht, oder die Brennweite durch die Veränderung irgend eines anderen Theiles verkürzt wird. Da wir aber ſowohl entfernte als auch nahe Gegenſtände deutlich erkennen können, ſo iſt es offenbar, daß eine Veränderung der Art nothwendig ſtatt haben müſſe und auch wirklich ſtatt habe. Und dies nennt man die Einrichtung oder die Bequemung des Auges zum deutlichen Sehen; aber es iſt ſchwer zu beſtimmen wie dieſe Einrichtung bewirkt wird.

Einige haben die Möglichkeit derſelben einer Veränderung in der Länge des Auges, andere aber einer Veränderung der Krümmung der Hornhaut zugeſchrieben; allein einige ganz neuerlich darüber gemachte Verſuche, machen dieſe Veränderungen unwahrſcheinlich, oder beweiſen doch daß ſie nicht ſo viel erklären, als ſie erklären ſollen. Andere ſcharfſinnige Phiſiker haben dieſe Veränderungen einer Abänderung entweder der Geſtalt oder der Lage der Kryſtallinſe oder beyder zugeſchrieben, und dieſe Meynung ſcheint im Ganzen der Wahrheit am nächſten zu kommen **).

Daß das Auge nicht im Stande iſt zu gleicher Zeit nahe und entfernte Gegenſtände gleich deutlich zu ſehen, kann leicht bewieſen werden. Man bringe, zum Bey-

*) Die Augenaxe nennt man die gerade, mitten durch den Augenſtern gehende und auf die vordere Fläche des Auges ſenkrechte Linie.
T.

**) Wer mehr Belehrung darüber zu haben wünſcht, der findet ſie in: Prieſtleys Geſchichte des Geſichts, des Lichtes und der Farben; Olber de oculi mutationibus internis; und in Youngs Abhandlung in den philoſophiſchen Transactionen für 1801. Artikel 2. (Von deutſchen Schriften ſehe man darüber Gehlers phyſikaliſches Wörterbuch, Artikel Auge.

ſpiele, einen Baum, ein Haus oder irgend einen anderen Gegenſtand in eine Entfernung von mehr als fünfzig Fuß von dem Beobachter. Dann ſchließe er das eine Auge und halte, indem er mit dem offenen nach dem Baume u. ſ. w. hinſieht, eine Nadel, einen Pinſel oder einen anderen Gegenſtand in der nemlichen Richtung, ohngefähr einen Fuß von dem Auge entfernt, vor daſſelbe, ſo wird er finden, daß ihm, wenn er die Nadel deutlich ſieht, der Baum undeutlich erſcheint, daß ihm aber dann wenn er ſein Auge ſo einrichtet, daß er den Baum deutlich ſehen kann, die Nadel undeutlich erſcheinen wird.

Die Augen Einiger ſind dieſer Einrichtung in höherem Grade fähig als die Anderer. Bey alten Perſonen werden die Feuchtigkeiten dicker und die Theile weniger biegſam, daher können ſich ihre Augen nicht ſo leicht einrichten als die Augen junger Perſonen.

Einige können ihre Augen beſſer für entfernte als für nahe Gegenſtände einrichten, bey anderen aber verhält ſich die Sache umgekehrt. Wenn das Auge fehlerhaft iſt und wegen der Größe oder der übrigen Bildung deſſelben parallele Strahlen ihre Brennpunkte früher bilden, als ſie auf der Netzhaut anlangen, dann kann die Perſon blos ſehr nahe Gegenſtände ſehen. Dergleichen Menſchen nennt man Myopes oder Kurzſichtige. Iſt das Auge flacher als gewöhnlich, ſo werden die Strahlenbrennpunkte von ziemlich nahen Gegenſtänden hinter der Netzhaut gebildet. Perſonen welche Augen dieſer Art haben, nennt man Weitſichtige, (Presbytae;) — ſie können ihre Auge blos für Gegenſtände jenſeits einer gewiſſen Entfernung einrichten, (oder ſie ſehen blos weit entfernte Sachen deutlich, die nahen aber ſchlecht.) In dieſem letzteren Falle befinden ſich gewöhnlich alte Perſonen. Indeſſen können ſich die Augen alter Perſonen weder für ſehr nahe noch auch für ſehr entfernte Gegen-

ſtände einrichten. Die Urſache davon iſt eine Steifigkeit oder ein Mangel der Beugſamkeit der Theile. *)

Dieſen Mängeln oder Unvollkommenheiten kann großen Theils durch den Gebrauch zweckmäßiger Gläſer oder Brillen abgeholfen werden, denn da bey kurzſichtigen Perſonen die Lichtſtrahlen zu bald in einen Brennpunkt zuſammenfahren, nemlich ehe ſie an die Netzhaut kommen, ſo müſſen Hohllinſen, welche das Zuſammenfahren der Strahlen vermindern, (oder verzögern,) dieſer Unvollkommenheit abhelfen; da dies im Gegentheile für ſolche, welche blos entfernte Gegenſtände ziemlich deutlich ſehen können, in deren Augen alſo die Strahlen nicht bald genug konvergiren, konvexe Linſen thun werden.

Hat der Fehler ſeinen Grund in Steifheit der Theile, wie dies bey einigen alten Perſonen der Fall iſt, ſo muß man ſich, um entfernte Gegenſtände zu ſehen, der Hohlgläſer bedienen, der erhabenen aber, wenn man nahe Gegenſtände ſehen will, denn die Augen ſolcher Perſonen können ſich weder für den einen noch für den anderen Fall einrichten. **)

*) Oft werden dieſe Fehler durch bloſe Gewohnheit bewirkt oder vermehrt. Dahin gehört: wenn man ſich beſtändig gewöhnt die Gegenſtände entweder zu nah, oder in einer zu großen Entfernung zu ſehen; auch können ſie ihren Grund in dem Gebrauche unrechter Gläſer haben.

*) Der weſentliche und ausgebreitete Nutzen der Brillen, die einer ſo großen Anzahl Menſchen das Leben erleichtern, die ſonſt ſich ſelbſt und der Geſellſchaft zur Laſt ſeyn würden, iſt ein Beweis davon, daß die Optik eine höchſt nützliche Wiſſenſchaft iſt.

Man hat keine Mühe geſpart, die Brillen ſo vollkommen als möglich zu machen und es ſind von Zeit zu Zeit dem Publikum eine Menge Erfindungen, die zu dieſem Behuf gemacht worden, mitgetheilt worden. Man hat Brillen mit zwey Linſen für jedes Auge gemacht; man hat den Linſen

Die Fähigkeit ſich einzurichten haben verſchiedene Augen in einem größeren oder geringeren Grade, ja ſie iſt bey den beyden Augen eines und deſſelben Menſchen oft verſchieden. Es giebt aber für alle Augen eine Grenze, bey der das Geſicht nicht mehr deutlich iſt, und ſie heißt die Grenze des deutlichen Sehens. Bey einigen Perſonen iſt ſie ſo kurz oder nahe, daß ihre Entfernung nur Einen Zoll beträgt, bey anderen aber erſtreckt ſie ſich über zwanzig Zoll, man findet

eine plan-konvexe oder plan-konkave Form und auch andere Geſtalten gegeben. Ueberhaupt genommen aber ſind einfache entweder bikonkave oder bikonvexe Linſen von reinem Glaſe, wenn ſie gut polirt oder geſchliffen und regelmäßig geformt ſind, die beſten.

Wenn die Augen anfangen vom Alter zu leiden, ſo geben die Optiker ſolchen Perſonen Brillenlinſen die ohngefähr 40 Zoll Brennpunkt haben, und Gläſer der Art heiſen deshalb Numero eins, oder Gläſer des erſten Geſichts, das heißt Gläſer für ſolche Augen die anfangen vom Alter zu leiden. Ich finde aber zwiſchen den Brennweiten von Brillen von Numero eins, die von verſchiedenen Optikern gemacht worden, eine beträchtliche Verſchiedenheit. Wenn die Brennpunktslänge ohngefähr 16 Zoll iſt, ſo gehören die Linſen zu Numero zwey. Bey denen von Numero drey iſt die Brennpunktslänge ohngefähr 12 Zoll. Zehn Zoll bezeichnen ſie mit Numero vier. Neun Zoll mit Numero fünf. Acht Zoll iſt die Brennpunktslänge von Numero ſechs. Sieben Zoll von Numero ſieben. Sechs Zoll von Numero acht, und zuweilen geben ſie den Brillen auch einen noch kürzeren Brennpunkt. Auch Hohlbrillen werden auf ähnliche Art numerirt und bezeichnet.

Bey der Wahl der Brillen thut man am beſten, wenn man ſie probirt und nach ſeinem Auge unterſucht. Man muß jedoch dabey auch darauf ſehen, daß man keine Brille wählt, welche ſtärker vergrößert als gerade nöthig iſt, um bequem leſen zu können, oder andere Zwecke zu erreichen. Kann man nicht mehrere Brillen wirklich verſuchen, ſo kann man die Kürze des Geſichtes, oder die Entfernung bis zu der es reicht, durch die Entfernung beſtimmen, in wel-

aber, daß ſie gewöhnlich zwiſchen ſechs und zehn Zollen liegt. *)

Die ganze Netzhaut iſt ihrer ganzen Ausdehnung nach fähig das vollkommenſte Bild von Gegenſtänden aufzunehmen. Indeſſen giebt es doch einen einzelnen Fleck, wo kein Sehen mehr ſtatt hat, und dieſer Fleck, deſſen Durchmeſſer ohngefähr den vierzigſten Theil eines Zolls beträgt, liegt genau bey dem Eintritte des Sehnerven (in das Auge;) man kann daher das Bild eines Gegenſtandes, das bey dem hinteren Theile des Auges auf dieſen Fleck fällt, wenn das andere Auge geſchloſſen iſt, nicht wahrnehmen. Das wirkliche Daſeyn dieſes Flecks oder dieſer Stelle, (die man die unempfindliche nennen kann,) kann durch folgenden Verſuch überzeugend dargethan werden.

Man befeſtige an einer Wand drey Stücke Papier von verſchiedener Geſtalt, wie A B C Fig. 10 Taf. XXI. ohngefähr zwey Fuß weit von einander; dann ſtelle ſich eine Perſon, welche das eine ihrer Augen verſchloſſen

cher man noch leſen kann — da denn darnach die Gläſer ziemlich genau können gemacht werden. Doctor Potterfield hat vor einigen Jahren ein Inſtrument zur Beſtimmung der Grenzen des deutlichen Sehens, das er Optometer nennt, erfunden und in ſeiner Schrift über das Auge beſchrieben. Ein ähnliches, aber verbeſſertes Inſtrument, iſt von Doctor Thomas Young. Man ſehe darüber ſeine Abhandlung über den Mechanismus des Auges in den philoſophiſchen Transactionen von 1801.

*) Es giebt für jedes Auge eine gewiſſe Weite, bis zu welcher es ohne alle Anſtrengung deutlich ſehen kann, welche die natürliche Weite des vollkommenen Sehens genannt wird. Da aber, wie bereits erwähnt worden, das Auge ein Vermögen hat, ſeine Einrichtung bis zu einem gewiſſen Grade zu ändern, ſo ſieht es auch noch auf andere Weiten vollkommen und daher giebt es auch Grenzen des deutlichen oder vollkommnen Sehens. T.

hält, dem mittelſten Papiere B nahe und ihm gerade gegenüber, und gehe nun allmählig rückwärts und richte dabey das offene Auge ſchief gegen das äußere Papier, nemlich gegen das, was zunächſt an dem verſchloſſenen Auge iſt, ſo wird er zuletzt auf eine Stelle kommen, (gewöhnlich ohngefähr in einer Entfernung von zehn Fuß von dem Papiere,) wo ihm das mittlere Papier gänzlich verſchwinden wird, indeß die beyden Seitenpapiere ihm ſichtbar bleiben werden. In dieſem Falle fällt das Bild des mittleren Papieres gerade auf die Stelle des Auges, auf welcher der Sehnerve in das Auge tritt.

Dieſe Beobachtung hat man oft als einen Beweis der Behauptung angeführt, daß der Sitz des Sehens oder des Geſichtes nicht genau die Netzhaut ſey, ſondern daß entweder die Aderhaut (choroides) oder irgend ein anderer Theil des Auges den Eindruck des Lichtes u. ſ. w. bekomme. Da aber über dieſen Punkt, nemlich über die Art, wie die Wahrnehmung der Gegenſtände dem Senſorium zugeführt wird, nichts beſtimmtes bekannt iſt, und da gezeigt worden iſt, daß von den Gegenſtänden ein wirkliches Bild auf der Netzhaut, und zwar ſo weit wir die Wirkung des Lichtes verfolgen können, erzeugt wird, ſo will ich meine Leſer nicht mit langen und unfruchtbaren Erörterungen dieſes Gegenſtandes aufhalten.

Dagegen giebt es noch eine andere merkwürdige Art der Fähigkeit des Auges ſich einzurichten, die eine genauere Erklärung verdient, nemlich die Zuſammenziehung und Erweiterung der Pupille oder des Sterns.

Es iſt oben gezeigt worden, daß von den unzähligen, von jedem einzelnen Punkte eines Gegenſtandes ausgehenden Strahlen, wenn alles übrige gleich iſt, auf eine Linſe eine größere oder geringere Menge fällt, je nachdem ſie größer oder kleiner iſt, und daß der gebro-

chene Brennpunkt oder das Bild in eben dieſem Verhältniſſe mehr oder weniger leuchtend oder glänzend iſt. Wenn man nun die eilfte Figur der XXI. Tafel anſieht, ſo wird man einſehen, daß auf die nemliche Art von jedem einzelnen Punkte des Gegenſtandes ABC mehr oder weniger Strahlen in das Auge dringen werden, je nachdem die Pupille oder der Stern mehr oder weniger geöffnet iſt, und daß die entſprechenden Punkte a, b, c des Bildes verhältnißmäßig mehr oder weniger hell ſeyn werden. Da aber das Licht von gewiſſen Gegenſtänden, zum Beyſpiele von der Sonne, von einem glänzenden Feuer u. ſ. w., dem Auge nachtheilig und dargegen eine zu geringe Lichtquantität, die Gegenſtände zu ſchwach würde wahrnehmen laſſen, ſo hat die vorſorgende Natur das Auge mit der Fähigkeit ausgerüſtet, ſeine Oeffnung erweitern und zuſammenziehen zu können. Daß es dies kann, iſt eine Wirkung der Iris, die, wie oben gezeigt worden, eine Verlängerung der Aderhaut iſt, und die unwillkührliche Zuſammenziehung dieſes Häutchens geſchieht ſo leicht, daß wir es in den meiſten Fällen, ohne nur weiter im geringſten daran zu denken, ſogleich zur Aufnehmung einer gehörigen Lichtquantität einrichten. Man laſſe einer Perſon ihre Augen auf eine ziemlich dunkle Stelle richten, und ſehe ihr dann in dieſer Stellung in dieſelben, ſo wird man finden, daß die Pupillen oder die Augenſterne ſtark erweitert worden; ſtellt man darauf in einer Entfernung von drey bis vier Zoll ein brennendes Licht ihr vor die Augen, ſo wird man ſehen, daß die Pupillen beträchtlich enger werden. *)

*) Daß bey Menſchen und vielen Thieren der Stern immer rund bleibt, er ziehe ſich zuſammen oder nicht, kömmt daher, daß er ſich bey ihnen allezeit und von allen Seiten gleichförmig zuſammenzieht. Daß bey einigen Thieren der

Bey einigen Perſonen iſt in allen Fällen die Pupille größer als bey anderen und jene können ſie auch nicht ſtark genug zuſammenziehen. Bey anderen iſt die Pupille von Natur kleiner, als ſie gewöhnlich iſt und daher können ſolche Perſonen bey einem hellen Lichte am beſten ſehen. Zuweilen verliert die Pupille ihre Kraft ſich zuſammenzuziehen auch ganz.

Obgleich eine ſtärker geöffnete Pupille mehr Licht einläßt als eine nicht ſo ſtark geöffnete, und folglich weniger helle Gegenſtände von der erſteren beſſer erkannt werden können als von der letzteren, ſo macht doch ein gänzlicher Mangel an Licht, die Gegenſtände für jedes Auge ohne Ausnahme unſichtbar. Es iſt durch unzweydeutige und befriedigende Verſuche hinlänglich bewieſen worden, daß in einem vollkommen dunklen Zimmer ſelbſt die Augen einer Katze keinen Gegenſtand erkennen können.

Da ich nun den Bau des menſchlichen Auges und den Gang des Lichtes durch daſſelbe beſchrieben habe, ſo komme ich nun zunächſt zu der Erklärung verſchiedener, das Geſicht betreffender Erſcheinungen, die man ohne dieſe Erklärung leicht als unvereinbar mit der gewöhnlichen Theorie vom Lichte betrachten möchte. — Zu jenen Erſcheinungen gehört zuvörderſt die: daß wir einzelne Gegenſtände auch einzeln, oder ihrer wahren Zahl nach und nicht doppelt ſehen, ob wir ſie gleich mit zwey Augen anſehen, und obgleich in jedem Auge von einem jeden Gegenſtande ein Bild hervorgebracht wird.

Stern bey Tage länglich, wie eine Ritze, des Nachts aber rund iſt, kömmt daher, daß ſie ihn nur in der Breite, nicht aber nach der Länge zuſammenziehen können. T.

Von den verſchiedenen Meinungen die zur Löſung dieſer Schwierigkeit ſind aufgeſtellt worden, iſt diejenige die befriedigendſte, welche annimmt, daß in den beyden Augen korreſpondirende Theile der Netzhaut befindlich ſeyen, welche wahrſcheinlich die Fähigkeit haben, den nemlichen Eindruck in gleichem Grade aufzunehmen und ihn auch in dieſem gleichen Grade dem Senſorium zu- zuführen. Daher ſey, ſo lange als ähnliche Punkte der Bilder auf die korreſpondirenden Theile der Netzhäute fallen, die Wahrnehmung eines und deſſelben Gegen- ſtandes einfach, im entgegengeſetzten Falle aber doppelt.

Fig. 12 Taf. XXI. ſtellt zwey Augen vor, die auf einen und denſelben Gegenſtand A B gerichtet ſind. Es iſt wahrſcheinlich, daß die Netzhäute beyder Augen in entgegengeſetzten Entfernungen von dem Eintritte des Sehnerven, korreſpondirende oder auf eine gleiche Art ge- ſpannt ſind und auf gleiche Art gereizt werden und zur Aufnehmung der Bilder gleich fähig ſind; ſo korreſpondirt zum Beyſpiele a mit a, b mit b und daß folglich ſo lange die gleichen Theile der Bilder auf dieſe korreſpon- direnden Theile fallen, die Gegenſtände einzeln erſcheinen. Es iſt einleuchtend, daß in dieſer Abſicht die Axe der Augen, das heißt: die Augen ſelbſt, mehr oder weni- ger gegen einander gekehrt werden müſſen, je nachdem nemlich der Gegenſtand, auf den ſie gerichtet ſind, nä- her oder weiter entfernt iſt. Dies iſt denn auch wirk- lich der Fall, ſo daß wir, nicht nur jedes einzelne Au- ge, nach Beſchaffenheit der Entfernung des Gegenſtan- des, zum deutlichen Sehen deſſelben in dieſer Entfer- nung, ſondern auch die Richtung beyder Augen ſo ein- richten, daß wir einzelne Gegenſtände auch nur einzeln ſehen. Um ſich von der Richtigkeit dieſer Theorie zu überzeugen, halte man einen Finger, in einer Entfer- nung von acht oder zehn Zoll, vor die Augen, wenn in einer viel größeren Entfernung ein Menſch, ein Fenſter

oder ein anderer Gegenſtand vor denſelben befindlich iſt, denn dann wird man finden, daß wenn man mit unverwandten Augen nach dem Finger ſieht, das heißt, die Axen beyder Augen nach ihm hinrichtet, der Menſch, das Fenſter u. ſ. w. nicht nur undeutlich, ſondern auch doppelt erſcheinen wird. Giebt man ſich nun Mühe den Menſchen u. ſ. w. deutlich und einfach zu ſehen, ſo wird zu der nemlichen Zeit der Finger undeutlich und doppelt erſcheinen.

Dieſer Fähigkeit unſer Geſicht gehörig einzurichten, verdanken wir es auch einem großen Theile nach, daß wir im Stande ſind, die Entfernungen von Gegenſtänden zu beurtheilen, wenn dieſe Entfernungen nicht ſehr groß ſind; auch iſt es dieſe Einrichtung oder dieſe Richtung der beyden Augen, wodurch wir beurtheilen können, ob uns eine Perſon anſieht oder nicht.

Wenn bey einer Perſon wegen eines fehlerhaften Baues oder auch in Folge einer üblen Gewohnheit die Axen beyder Augen nicht auf den Gegenſtand gerichtet erſcheinen, den ſie doch wirklich anſieht, ſo ſagt man von ihr daß ſie ſchiele. Indeſſen iſt es doch nicht die Folge, daß ein Schielender jeden Gegenſtand doppelt ſehe, denn die bemerkbare falſche Richtung der Augen kann ihren Grund in einer ungewöhnlichen Lage der Theile des Auges haben, wobey dennoch die gleichen Theile der beyden Bilder auf die korreſpondirenden Theile der Netzhaut fallen können.

Zu den erwähnten Erſcheinungen gehört auch zweytens noch die: daß wir die Gegenſtände aufgerichtet und in ihrer wahren Lage ſehen, da doch die Bilder derſelben umgekehrt auf der Netzhaut erſcheinen. Man hat zur Erklärung dieſer Schwierigkeit verſchiedene Hypotheſen aufgeſtellt. Indeſſen iſt doch die Meinung die wahrſcheinlichſte: daß die Seele den Gegenſtand und nicht das Bild deſſelben betrachtet und daß wir uns aus Er-

fahrung und durch Uebung gewöhnt haben den unteren Theil des Gemäldes ſo zu nehmen, daſſ er den oberen Theil des Gegenſtandes anzeige und umgekehrt. *) Oder jene Erſcheinung erklärt ſich auch daraus, daß wir die Lage der Gegenſtände mit anderen ſie umgebenden Gegenſtänden vergleichen; daher erſcheint dem der ein Haus anſieht, daſſelbe immer aufgerichtet, er mag auch den Kopf nach welcher Seite er wolle wenden, oder es auch von oben nach unten zu anſehen.

Es iſt ſo ſchwer den Empfindungen unſrer Sinne nachzuſpüren und Gewohnheit u. ſ. w. hat einen ſo großen Einfluß auf dieſelben, daß wir ſie ſchwerlich vollkommen begreifen und befriedigend erklären können.

So haben auf unſer Urtheil über die Entfernungen und auch über die Größe der Gegenſtände, die wir durch das Geſicht wahrnehmen, mehrere Umſtände zugleich Einfluß. Dieſes Urtheil bilden wir nemlich: 1) nach der ſcheinbaren Größe der Gegenſtände; 2) nach der Stärke ihrer Farbe und der Deutlichkeit ihrer kleinen Theile; 3) nach der Richtung der beyden Augen und 4) nach der Lage der Gegenſtände in Beziehung auf andere. Daher iſt dieſes Urtheil, je nachdem einer oder mehrere

*) Die Gemälde im Auge ſind nemlich nicht die ſinnlichen Bilder, welche die Seele durchs Auge erhält, ſo daß ſie etwa noch eines Auges bedürfte, um das Bild im Auge des Körpers zu ſehen, ſondern ſie bekömmt nur Empfindungen, die nach gewiſſen Geſetzen mit dieſem Bilde übereinſtimmen und die ſie erſt durch Erfahrung, Vergleichung und Uebung ordnen lernt. Wir ſind uns daher im Grunde der Gemälde im Auge gar nicht bewußt, aber aus Erfahrung wiſſen wir, welche Bewegungen wir dem Auge geben müſſen, wenn wir eine Sache gehörig überſehen wollen. Wir behaupten daher, daß der Kopf eines aufrecht ſtehenden Menſchen oben ſey, weil wir das Auge erheben müſſen, um ihn deutlich zu ſehen. Wir lernen aus Gewohnheit das für oben halten, was die unteren Nerven der Netzhaut rührt, und ſo auch umgekehrt. T.

dieſer Umſtände fehlen, auch mehr oder weniger dem Irthume ausgeſezt. So iſt, zum Beyſpiele ein Einäugiger nicht im Stande eben ſo richtig über die Entfernung eines Gegenſtandes zu urtheilen, als ein Menſch der zwey Augen hat, weil in dieſem Falle der dritte Umſtand nicht da iſt. Wenn ein Menſch der ſechs Fuß hoch iſt, vierzig Fuß weit von uns entfernt ſteht, und ein Knabe von drey Fuß Höhe, zwanzig Fuß, ſo werden beyde gleiche Winkel auf unſre Augen machen und ſie ſollten uns daher beyde gleich groß erſcheinen; allein da wir ihre Glieder mit einander vergleichen und ihre Lage in Beziehung auf andere Gegenſtände beurtheilen, halten wir ſie keinesweges beyde für gleich hoch.

Ein kleiner Gegenſtand der uns nahe iſt und ein großer in einer verhältnißmäßigen Entfernung, machen einerley Geſichtswinkel, der entfernte Gegenſtand aber erſcheint undeutlich. Wenn daher durch irgend einen Umſtand, ein kleiner und naher Gegenſtand undeutlich gemacht wird, ſo werden wir dadurch verleitet ihn für einen großen entfernten Gegenſtand zu halten. So ſchwebt oft eine Fliege oder ein anderes Inſekt vor unſeren Augen vorüber, wenn wir ſie auf irgend einen anderen Gegenſtand gerichtet haben; in dieſem Falle erſcheint uns die Fliege undeutlich und wir halten ſie wohl für eine in einer Entfernung befindliche Krähe.

Wenn der Mond nahe am Horizont ſteht, ſo macht die Dichte der Atmosphäre, daß er nicht ſo hell und deutlich iſt, als wenn er höher ſteht; daher glauben wir, daß er im erſteren Falle weiter entfernt ſey als in dem letzteren, und weil wir ihn weiter entfernt glauben, ſo halten wir ihn für viel größer als wenn er höher geſtiegen iſt, und weil er uns im letzteren Falle viel glänzender erſcheinet, ſo glauben wir daß er uns näher ſey; So daß dieſe ſehr bekannte Erſcheinung des horizontalen Mondes eine bloße Täuſchung iſt.

Die merkwürdige Erfindung des bekannten Panorama bringt eine überraſchende Wirkung der nemlichen erwähnten Urſachen hervor. In einem kreisförmigen Gebäude, deſſen Durchmeſſer ohngefähr vierzig Fuß beträgt, wird dem Zuſchauer, der bey dem Mittelpunkte des Kreiſes ſteht, ein kreisförmiges Gemälde vorgeſtellt, indem jeder andere Gegenſtand, mit welchem die gemahlten Gegenſtände könnten verglichen werden, aus ſeinem Geſichte entfernt wird, welches denn die Wirkung auf ihn macht, daß er durch die Undeutlichkeit der gemahlten Gegenſtände ſo getäuſcht wird, daß er wahre oder wirkliche Objekte in ihrer natürlichen Größe, nur in viel weiteren Entfernungen zu ſehen glaubet.

Auch in Anſehung der ſcheinbaren Bewegung kann unſer Urtheil ſehr leicht irre geleitet werden. So wird oft, wenn unſere Augen auf einen beſonderen und einzelnen Gegenſtand gerichtet ſind und ſeiner Bewegung unvermerkt folgen, jeder andere Gegenſtand, der von dieſer Richtung abweicht, von uns für einen ſich bewegenden Gegenſtand gehalten. So ſcheint es uns, wenn die Wolken ſchnell unter dem Monde vorbey gehen, und wir unverwandt nach ihnen hinſehen, als ob der Mond ſchnell heran eilte. Sehen wir dagegen unverwandt nach dem Monde, ſo ſcheint es als ob ſich die Wolken ſchnell heran bewegten. So bildet ſich auch oft ein in einem Boote befindlicher Menſch, der ſeine Augen entweder gar nicht bewegt, oder auf irgend einen Theil des Bootes ſieht, ein, daß die Küſte vor ihm vorüber eile.

In Bezug auf unſre Wahrnehmung ſchwarzer Gegenſtände wird nicht ſelten die Frage aufgeworfen: was wir eigentlich ſehen, wenn wir einen ſchwarzen Gegenſtand bemerken, da die ſchwarze Farbe eigentlich ein Mangel oder eine Einſchluckung aller Farben ſey? Die Antwort auf dieſe Frage iſt: daß wir nicht den ſchwarzen Gegenſtand ſelbſt, ſondern blos die ihn umgebenden

Dinge ſehen, deren Grenzen an dieſer Stelle mit den Grenzen des ſchwarzen Gegenſtandes einerley ſind. Ein tiefes Loch, von welchem kein Licht zurückgeworfen wird und ein ſchwarzer Fleck von der nemlichen Größe, erſcheinen unſeren Augen als einerley Gegenſtand. Wenn wir einen ſchwarzen Hut oder einen anderen ähnlichen Gegenſtand anſehen, ſo bemerken wir die Einbiegungen, die Ecken und andere hervorſtehende Theile deſſelben darum, weil dieſe Theile nicht vollkommen ſchwarz ſind, ſondern einiges Licht auf unſre Augen zurückwerfen, welches hinlänglich iſt, uns in den Stand zu ſetzen, einen Theil von dem anderen unterſcheiden zu können. *)

Dieſe erwähnten Geſichtstäuſchungen, denen unſre Augen ausgeſetzt ſind, müſſen uns erinnern, an der angenommenen Unfehlbarkeit des Geſichtes zu zweifeln, wenn die Vernunft den Angaben deſſelben widerſpricht.

Noch eine, das Sehen mit bloßen Augen betreffende Erſcheinung, die ehe wir zur Unterſuchung des Sehens durch Linſen fortgehen, verdient unterſucht zu werden, iſt folgende:

Wenn man die Augenlieder ſo herabläßt, daß die Augen dadurch beynahe ganz verſchloſſen werden, und dann, beſonders wenn ſie feucht ſind, nach einem Lichte hinſieht, ſo ſieht man, wie bey N M, Fig. 13. Taf. XXI, zwey lange Strahlenkegel von dem Lichte aufwärts und abwärts ausſtrömen; die Urſache davon iſt, daß die Lichtſtrahlen, welche auf den Rand des unteren Augenliedes, wie bey I fallen, von demſelben in das Auge bey L D zurück geworfen werden, wo ſie, wegen der Krüm-

*) Die ſchwarze Farbe iſt alſo eigentlich ein Mangel aller Farben und unter ſchwarzen Körpern können wir nur ſolche meinen, die keine Art von Licht merklich zurückwerfen, ſondern alles verſchlucken. Dieſe ſtarke Lichtverſchluckung iſt auch die Urſache, warum ſchwarze Körper ſo leicht erwärmt werden. T.

mung des Randes des Augenliedes, ein langes Farbenbild erzeugen, und daß aus der nemlichen Urſache die Strahlen welche auf das obere Augenlied bey H fallen, dadurch zurückgeworfen werden und an der entgegengeſetzten Seite des Auges das lange Farbenbild O X hervorbringen. In der That wird, wenn die oberen Strahlen durch einen dunklen Körper P aufgefangen werden, das untere Farbenbild, oder die untere Ausſtrahlung, und wenn dargegen die unteren Strahlen aufgefangen werden, die obere Ausſtrahlung verſchwinden.

Die Augen verſchiedener Perſonen bekommen höchſt wahrſcheinlich nicht alle einerley Eindruck von den nemlichen Farben, ja dies iſt ſelbſt der Fall in Anſehung einer und derſelben Perſon zu verſchiedenen Zeiten und beſonders wenn ſich der Körper nicht in dem Zuſtande der Geſundheit befindet. Solchen Perſonen erſcheinen zuweilen alle Gegenſtände entweder gelb, oder grün, oder roth u. ſ. w. gefärbt. In den philoſophiſchen Transaktionen und auch in den Schriften anderer gelehrten Geſellſchaften werden mehrere Beyſpiele von Perſonen erzählt, die an ſolchen Geſichts-Unvollkommenheiten oder Fehlern gelitten, ſo wie auch Beyſpiele von ſolchen, welche gewiſſe Farben nicht von einander unterſcheiden konnten. Dergleichen Zufälle können durch eine Vermiſchung beſonderer Säfte mit den Feuchtigkeiten des Auges oder auch von beſonderen Bildungen entſtehen, die uns jedoch nicht bekannt ſind.

Was die durch Glaslinſen hervorgebrachten Erſcheinungen in Anſehung des Geſichtes betrifft, ſo möchte es vielleicht ſcheinen, daß ſchon dasjenige in dieſer Rückſicht hinreichend ſeyn möchte, was im vorhergehenden darüber geſagt worden, nemlich: daß konvexe Linſen dadurch, daß

ſie die Strahlen ehe ſie zu einem Brennpunkte gelangen, mehr gegen einander beugen, den Geſichtswinkel und alſo auch die Erſcheinung des Gegenſtandes vergrößern, und daß im Gegentheile die Hohllinſen den Geſichtswinkel und alſo auch die Erſcheinung des Gegenſtandes verkleinern. Allein der Allgemeinheit dieſes Grundſatzes ohngeachtet, wird es den meiſten Anfängern ſchwer, ſich eine deutliche Vorſtellung von der eigentlichen Wirkung konvexer Linſen zu machen und von allen ihren Wirkungen den Grund einzuſehen. Es iſt daher nothwendig, eine genauere Erklärung von den Wirkungen dieſer Art Linſen zu geben, und dies um ſo mehr, da eine ſolche Erklärung das beſſere Verſtehen der Eigenſchaften der meiſten optiſchen Inſtrumente, die in dem folgenden Kapitel ſollen beſchrieben werden, gar ſehr erleichtern kann.

Wenn ein in dem Brennpunkte einer konvexen Linſe befindlicher Gegenſtand, von einem auf der anderen Seite der Linſe befindlichen Auge geſehen wird, ſo erſcheint dieſer Gegenſtand allezeit größer, als wenn ſich die Linſe nicht zwiſchen ihm und dem Auge befindet. Wird aber der Gegenſtand, nachdem die Linſe hinweggenommen worden, dem Auge näher gebracht, ſo erſcheint er nun eben ſo groß, als er in ſeiner vorigen Lage, nemlich als er durch die Linſe geſehen wurde, erſchien; denn dadurch, daß der Gegenſtand dem Auge näher gebracht wird, wird der Geſichtswinkel eben ſo vergrößert, wie er im vorhergehenden Falle durch die Brechung, durch die darzwiſchen gebrachte Linſe, vergrößert wurde.

Könnten wir Gegenſtände unbegrenzt nahe an unſre Augen bringen und könnten wir unſre Augen ſo einrichten, daß wir dieſe Gegenſtände in jeder Entfernung deutlich ſehen könnten, ſo würden die konvexen Linſen unnütz ſeyn. Allein unſre Augen können ſich nur innerhalb beſtimmter Grenzen einrichten, nemlich blos für Strahlen, die von irgend einem einzelnen leuchtenden

Punkte

Punkte kommen und entweder parallel oder beynahe parallel ſind. Wenn daher der Gegenſtand näher bey uns als ſechs oder acht oder zehn Zoll iſt, ſo ſind für die Augen der meiſten Perſonen die Strahlen zu divergirend. Dieſe Entfernung, nemlich acht Zoll, kann alſo für die gewöhnliche Grenze des deutlichen Sehens angenommen werden.

Es iſt auch die Beobachtung gemacht worden, daß nur wenig Menſchen einen Gegenſtand unterſcheiden können, der an dem Auge einen Winkel macht, der kleiner iſt als eine halbe Minute; ein Gegenſtand alſo, deſſen Durchmeſſer kleiner iſt als die Sehne (Chorde) einer halben Minute zu einem Halbmeſſer von acht Zollen iſt der kleinſte Gegenſtand, den das unbewaffnete Auge der meiſten Menſchen unterſcheiden kann. Der Durchmeſſer eines ſolchen Gegenſtandes beträgt: 0,00116 eines Zolles *)

Der große Nutzen der Linſen nun beſteht eben darinn, daß ſie uns in den Stand ſetzen, Gegenſtände zu unterſcheiden, die uns ſonſt unſichtbar bleiben würden, welches der Fall iſt, wenn entweder der ganze Gegenſtand, den man zu unterſuchen wünſcht, oder auch nur ein ſolcher Theil deſſelben, mit dem Auge einen Winkel macht, der kleiner als eine halbe Minute, oder kleiner als 0, 00116 eines Zolles iſt. Die Linſen oder die Verbindung von Linſen, durch die man dieſen Zweck erreicht, nennt man Mikroſkope oder Vergrößerungsgläſer. Bedient man ſich darzu nur einer Linſe, ſo heißt es ein einfaches Mikroſkop, iſt es aber aus mehreren zuſammengeſetzt, ſo wird es ein zuſammengeſetztes Mikroſkop genannt.

Eine einfache Linſe vereinigt, (wie ſchon im vorhergehenden bemerkt worden,) wenn ein Gegenſtand vor dieſelbe gebracht wird, die Strahlen eines jeden leuch-

*) Nach den trigonometriſchen Tafeln.

tenden Punktes, an der anderen Seite zu einem Brennpunkte, ſo daß, wenn ein Schirm auf dieſe Seite geſtellt wird, ein Bild des Gegenſtandes darauf hervorgebracht werden wird, da wenn dies nicht geſchieht, die Strahlen jenſeits dieſes Brennpunktes divergirend oder auseinanderfahrend fortgehen. Man muß ſich ferner erinnern, daß zu folge deſſen, was im vorigen von den vereinigten Brennpunkten einer Linſe iſt geſagt worden, dann, wenn die vereinigten Brennpunkte gleich weit von der Linſe entfernt ſind, das Bild dem Gegenſtande gleich ſeyn wird, da ſonſt das eine um eben ſo viel größer als das andere ſeyn wird, als das Bild weiter von der Linſe entfernt iſt, als der Gegenſtand. Oder, mit anderen Worten: die Längen des Gegenſtandes und des Bildes verhalten ſich wie ihre reſpektiven Entfernungen von der Linſe. Was nun das Auge betrifft, ſo muß man ſich nicht vorſtellen, daß die Linſe durch Brechung auf der Netzhaut auf eben die Art ein Bild des Gegenſtandes erzeuge, wie ſie das Bild auf dem Schirme hervorbringt, indem die Strahlen von der Linſe nach dem Schirme hin konvergirend fortgehen, da wenn ſie auch konvergirend nach dem Auge giengen, die Feuchtigkeiten dieſes Organs ſie ein gutes Theil ſtärker konvergirend machen würden, als es nöthig iſt, um ein Bild oder einen Brennpunkt auf der Netzhaut hervorzubringen. Aber das was eigentlich eine Linſe dem Auge leiſten ſoll, iſt: daß ſie die Strahlen eines jeden einzelnen leuchtenden Punktes parallel mache, denn das Auge nimmt dieſe parallelen Strahlen auf und vereinigt ſie durch ſeine eigene Brechungskraft zu einem Brennpunkt, oder bringt ein Bild des Gegenſtandes auf der Netzhaut hervor.

Fig. 14 Taf. XXI ſtellt einen, in der Hauptbrennpunkts-Entfernung (Hauptbrennweite) der Linſe E D befindlichen Gegenſtand A B dar; es fallen alſo, zu folge deſſen, was oben S. 218 iſt geſagt worden, die von

jedem einzelnen leuchtenden Punkte, wie A, oder I, oder B, oder ein anderer iſt, ausgehenden Strahlen, divergirend auf die Linſe, und gehen, nachdem ſie durch dieſelbe gegangen ſind, in einer parallelen Richtung fort, das heißt: die kegelförmigen Strahlen A D E gehen zylindriſch fort, oder werden die parallelen Strahlen E P, C O, D W; die Strahlen I D E werden die parallelen Strahlen E F, C G, D H und ſo fort. Wenn nun die Linſe nahe an das Auge gehalten und Q R als der Durchmeſſer der Pupille angenommen wird, ſo iſt es zuvörderſt einleuchtend, daß die Strahlen von jedem einzelnen Punkte des Gegenſtandes aus, in einer parallelen Richtung in die Pupille eindringen und daß zweytens die äußerſten Strahlen A E Q und B D R in das Auge kommen und das Geſichtsfeld begrenzen, denn die anderen Strahlen, als A C O, A D W u. ſ. w. die von dem nemlichen äußerſten Punkte A kommen, gelangen nicht in die Pupille Q R. Daher kömmt es, daß wenn ein Theil der Oberfläche der Linſe bedeckt wird, auch ein Theil des Gegenſtandes unſichtbar gemacht wird, oder, welches das nemliche iſt, das Geſichtsfeld ſteht mit der Oeffnung der Linſe im Verhältniß. Drittens ergiebt ſich's, daß man den Gegenſtand deutlich ſehen kann, das Auge möge nun der Linſe näher oder weiter von ihr entfernt ſeyn; daß man aber einen kleineren Theil deſſelben ſehen kann, wenn die Pupille weiter davon, wie bey S T, entfernt, als wenn ſie näher an ihr, wie bey Q R, befindlich iſt, weil, wenn S T die Oeffnung der Pupille iſt, die äußerſten Strahlen A E P, B D M, welche bey Q R in ſie drangen, jetzt nicht zu ihr gelangen werden. Viertens muß man in Bezug auf die vergrößernde Potenz oder Kraft bemerken, daß die Axen eines der beyden Strahlenkegel, wie z. B. die Axen A C O, B C L, bey dem Mittelpunkte der Linſe, einen Winkel A C B bilden, welcher dem von

den äuſſerſten Strahlen A E d, B D d auf dem Auge gebildeten Winkel E d D gleich iſt: welches ſeinem Grund in dem Parallelimus der Strahlen A C O, E d, und B C L, D d, hat. Die Entfernung dieſer beyden Punkte, oder die Länge des Gegenſtandes A B, wird alſo unter eben dem Geſichtswinkel geſehen werden, als wenn das unbewaffnete Auge bey C befindlich wäre; das unbewaffnete oder bloße Auge aber kann keinen Gegenſtand in einer geringeren Entfernung als der von acht Zollen deutlich ſehen; ein bey Q R oder bey S T befindliches Auge alſo, wird durch die Linſe den Gegenſtand A B vergrößert ſehen, eben ſo als wenn das bey C befindliche bloße Auge ſelbſt, den Gegenſtand in der Entfernung C Y von 8 Zollen und ſo groß als Z X ſähe. So daß ſich die Größe des Bildes zu der Größe des Gegenſtandes verhält, wie ſich acht Zoll zu der Brennweite der Linſe verhalten. Eine Linſe alſo, deren Hauptbrennweite oder Brennpunkt paralleler Strahlen einen Zoll beträgt, wird achtmal vergrößeren; iſt die Brennweite der Linſe ein halber Zoll, ſo wird ſie ſechzehnmal größer machen und ſo fort. Kurz: um die vergrößernde Kraft einer Linſe zu finden, muß man acht Zoll, oder die kürzeſte Entfernung des deutlichen Sehens für irgend ein beſonderes Auge, durch die Brennweite der Linſe dividiren, dann zeigt der Quotient, wie viel mal die Länge oder der Durchmeſſer des Bildes größer iſt, als der des Gegenſtandes. Die vergrößernden Kräfte der Linſen werden gewöhnlich durch die Länge oder den Durchmeſſer des Bildes, ſonſt auch Dimenſionen nach Linien genannt, ausgedrückt. Wenn man alſo ſagt: daß eine Linſe den Gegenſtand fünfmal vergrößere, ſo iſt die Meynung, daß das Bild oder die Erſcheinung des Gegenſtandes durch die Linſe, fünfmal ſo lang oder ſo breit ſey als der Gegenſtand ſelbſt. Einige Schriftſteller rechnen die vergrößernde

Kraft nach der Oberfläche und andere nach dem körperlichen Inhalt. Man kann daher von der oben erwähnten Linſe ſagen, daß ſie fünfmal nach der Länge, oder fünf und zwanzigmal nach der Oberfläche, oder hundert und fünf und zwanzigmal nach dem körperlichen Inhalte vergrößere, da ſich die Oberflächen ähnlicher Körper wie die Quadrate ihrer Längen oder anderer ähnlicher Dimenſionen und ihre körperlichen Größen wie die Würfel ihrer Längen oder anderer ähnlicher Dimenſionen verhalten.

Es iſt oben erwähnt worden, daß die ſphäriſche Krümmung der Linſen die Strahlen eines und deſſelben leuchtenden Punktes nicht genau in einen gebrochenen Brennpunkt vereinigt oder konvergent macht und daß die daraus entſtehende Abweichung oder Undeutlichkeit mit der Dicke der Linſe und der Vermehrung der Krümmung, zunimmt. Ich muß aber hiebey noch weiter bemerken, daß es aus den Eigenſchaften ſphäriſcher Oberflächen und aus der Brechung des Glaſes u. ſ. w. von optiſchen Schriftſtellern bewieſen worden iſt, daß ſich die Abweichungen von Linſen, welche einerley Krümmung aber verſchiedene Oeffnungen, das heißt: Flächen haben, wie die Würfel der reſpektiven Oeffnungen verhalten, und daß dann, wenn die Linſen gleiche Oeffnungen haben, die Abweichungen ſich umgekehrt wie die Quadrate der Halbmeſſer der Krümmung verhalten. *) Woraus alſo folgt, daß wenn man ſich einfacher großer Linſen, die nicht ſtark vergrößern, bedient, die Abweichung oder Undeutlichkeit in den meiſten Fällen erträglich iſt, daß ſie aber dann, wenn die vergrößernde Potenz oder Kraft der Linſen beträchtlich iſt, und ſie bey kleinen und zarten Gegenſtänden gebraucht werden, ſehr nachtheilig wirket.

*) Man ſehe Martins Optik Artikel 83.

Um dieſer Unbequemlichkeit abzuhelfen, hat man auf mehrere Erfindungen gedacht, indeſſen entſpricht keine derſelben ihrem Zwecke in einem ſo beträchtlichen Grade, als eine Verbindung zweier Hohllinſen, die in einer geringen Entfernung von einander eingeſetzt und als eine einfache Linſe gebraucht werden.

Fig. 15 Taf XXI iſt eine ſolche Verbindung zweier Linſen abgebildet. Sie ſind plan-konvex, weil dieſe Geſtalt der Abweichung weniger als irgend eine andere ausgeſetzt iſt. Man laſſe F den Brennpunkt der einfachen Linſe N M ſeyn, ſo daß ein bey F befindlicher Gegenſtand, durch dieſelbe geſehen, vergrößert erſcheinen kann. Wird nun die zweyte Linſe G H zwiſchen der erſten und ihrem Brennpunkte eingeſetzt, ſo werden die von dem Gegenſtande ausgehenden Strahlen, indem ſie durch beyde Linſen gehen, ſtärker als durch eine einfache Linſe gebogen und daher der Brennpunkt verkürzt, das heißt: der Brennpunkt beyder wird gemeinſchaftlich bey F ſeyn, ſo daß dieſe beyden Linſen wie eine einfache Linſe, die viel ſtärker gekrümmt iſt, wirken. Der Vorzug aber, den die verbundenen Linſen vor dieſer voraus haben, beſteht darinn, daß die Krümmungen der beyden Linſen zuſammengenommen nicht ſo groß ſind, als die Krümmung der einfachen Linſe, die eine gleiche vergrößernde Potenz oder Kraft hat, wovon denn die Folge iſt, daß man durch die Verbindung der beyden Linſen eine geringere Abweichung und ein größeres Geſichtsfeld bekömmt.

Dieſer Vortheil iſt eine Folge des Raumes, der zwiſchen den Linſen bleibt; und in der That, wenn dieſe Entfernung verändert wird, ſo wird auch die vergrößernde Kraft verändert. Ich werde meine Leſer nicht durch eine lange Unterſuchung des genauen Grades der Abweichung, des Geſichtsfeldes und anderer, die erwähnte Verbindung von Linſen betreffende Umſtände

aufhalten. Wer ſich umſtändlich darüber zu belehren wünſcht, kann ſelbſt die Lichtſtrahlen durch dieſe Linſen auf die oben angegebene Art verfolgen, oder auch eines der ſeit funfzig bis ſechzig Jahren über die Optik herausgekommenen Hauptwerke nachleſen. Ich füge hier bloß noch die Regel bey, nach welcher der zuſammengeſetzte Brennpunkt ſolcher Linſen beſtimmt werden muß, wenn die Aufgabe iſt:

Wenn die Brennpunkts-Längen zweyer Linſen und die Entfernung zwiſchen ihnen gegeben ſind, die Brennpunktslänge einer einzelnen Linſe, die eine eben ſo ſtarke vergrößernde Kraft hat, als die beyden verbundenen Linſen, zu finden.

Regel.

Man ziehe die Entfernung von der Summe der beyden Brennpunktslängen ab und notire den Reſt; dann multiplicire man auch die beyden Brennpunktslängen mit einander. Dieſes Produkt dividire man durch den notirten Reſt, ſo giebt der Quotient die geſuchte Brennpunktslänge der einfachen Linſe.

Beyſpiel.

Man nehme an, daß die Brennpunktslänge der einen Linſe acht Zoll, die der anderen ſechs Zoll und die Entfernung zwiſchen beyden Linſen vier Zoll ſey, ſo iſt die Summe der beyden Brennpunktslängen: vierzehn Zoll. Zieht man hievon viere ab, ſo bleibt zehn als Reſt. Das Produkt von acht multiplicirt mit ſechs iſt 48, das, wenn es mit zehn dividirt wird, 4, 8 Zoll giebt, und dieſer Quotient iſt die Brennpunktslänge einer einfachen Linſe, welche die nemliche vergrößernde Kraft als die Verbindung der zwey gegebenen Linſen

haben wird. Aber ſie gewährt weder eine eben ſo große Deutlichkeit, noch hat ſie ein eben ſo großes Geſichtsfeld.

Siebentes Kapitel.

Beſchreibung der vorzüglichſten optiſchen Inſtrumente.

Da der Gebrauch und der Nutzen der einfachſten optiſchen Inſtrumente, wie die Linſen, die Brillen, die Spiegel oder Reflektoren u. ſ. w. ſind, in den vorhergehenden Kapiteln hinlänglich erklärt worden iſt, ſo bleibt für dieſes Kapitel nur noch die Beſchreibung der mehr zuſammengeſetzten oder ſolcher Inſtrumente übrig, deren Wirkung durch die Verbindung zweyer oder mehrerer einfacher Inſtrumente hervorgebracht wird.

Eines der einfachſten und artigſten derſelben iſt die Camera obſcura oder die dunkle Kammer, deren Grundſatz bereits bey Gelegenheit der Erläuterung des Baues des Auges beſchrieben worden. Da aber in jener Camera obſcura das Bild des Gegenſtandes umgekehrt erſcheint, ſo muß ich auch noch die Art angeben, wie es bewirkt wird, daß daſſelbe in aufrechter Geſtalt kann dargeſtellt werden, womit ich denn auch zugleich eine Beſchreibung der gewöhnlichſten Einrichtung einer tragbaren Camera obſcura verbinden will.

Von der Camera obſcura oder dem verfinſterten Zimmer.

Fig. 16. Taf. XXI. ſtellt einen Kaſten vor, der aus zwey Theilen beſteht. Der äußere ACBDEFG hat einen Deckel LN, der ſich um eine Angel PQ bewegt und wenn er, wie auf der Figur, offen iſt, zwey Seitenbreter mit ſich in die Höhe hebt, welche dienen, ſo gut als möglich das Licht von dem rauhen oder mattgeſchliffenen Glaſe O abzuhalten, das man bemerkt, wenn man den Deckel LNPQ öffnet, und auf welches der Beobachter ſehen muß. Die vordere Seite, oder vordere Theil des Kaſtens fehlt und in die dadurch entſtehende Oeffnung wird ein anderer kleinerer Kaſten EHIKG eingeſchoben. Dieſem fehlt die innere Seite und bey I iſt in demſelben ein erhabenes Linſenglas befeſtigt. Wird nun dieſe Maſchine mit der Linſe I gegen ſolche Gegenſtände gerichtet, welche gut erleuchtet ſind, ſo iſt es einleuchtend, daß in dem Kaſten an der Seite oder Wand ABCD deſſelben ein umgekehrtes Bild dieſer Gegenſtände muß entworfen werden. Dieſes Bild nun kann dadurch deutlich gemacht werden, daß man den Brennpunkt der Entfernung der äußeren Gegenſtände gemäs, durch weiteres Einſchieben oder Herausziehen des Kaſtens EHGK einrichtet. An dem hinteren Theile des Kaſtens nun iſt ein flaches Stück Spiegelglas oder ein Planſpiegel in der Neigung eines halben rechten Winkels, (oder unter einem Winkel von 45 Grad gegen den Horizont geneigt,) angebracht, wie durch die ſchattirten Linien BR angedeutet iſt. Davon iſt die Folge, daß die Lichtſtrahlen auf den Spiegel fallen und nach der Höhe zu, nach dem rauhen Glaſe O, welches den Theil der Seite des Kaſtens ausmacht, der unter dem Deckel LNPQ liegt, zurückgeworfen werden.

Auf dieſem rauhen oder halbdurchſichtigen Glaſe nun entwirſt ſich dann das Bild und erſcheint einem durch das Glas O ſehenden Beobachter aufrecht, weil der Theil des Bildes, welcher auf den unteren Theil des Spiegels fällt, zu dem oberen Theile des rauhen Glaſes, das iſt zu dem Theile, welcher zunächſt an der Angel PC iſt, und ſo auch umgekehrt, zurückgeworfen wird, wie bey dem geringſten Nachdenken über die Sache leicht einzuſehen iſt.

Die Geſtalt der Camera obscura iſt vielfach verändert worden. Zuweilen wird der Spiegel vor die Linſe geſtellt, und der Kaſten wird gerade in die Höhe gerichtet. Dann werden die Strahlen gebogen, ehe ſie noch durch die Linſe gehen und das Bild wird innerhalb auf dem Boden des Kaſtens entworfen, daher man, um daſſelbe ſehen zu können, eine Oeffnung in das eine Seitenbret des Kaſtens machen muß, um das Auge und die Hand in den inneren Raum zu bringen, da denn der Beobachter auch einen Umriß des Bildes in dem Kaſten machen kann. —

Anmerkung. Der Beobachter muß durch einen dunklen Vorhang alles fremde äußere Licht von ſich abhalten.

Von der Zauberlaterne (Laterna magica.)

Dieſe Maſchine und die Wirkung, die ſie hervorbringt, iſt Fig. 1 Taf. XXII abgebildet. Durch dieſe Vorrichtung werden kleine auf Glas gemahlte farbige Figuren beträchtlich vergrößert und zur großen Freude der Zuſchauer und beſonders der Kinder, auf die Wand eines verdunkelten Zimmers mit ihren natürlichen und lebhaften Farben geworfen.

Fig. 2 zeigt die innern Theile der Maſchine Fig. 1 nach ihren verhältnißmäßigen Entfernungen von einander. In der Laterne iſt ein Licht A oder auch zuweilen zwey oder drey oder mehr, dicht neben einander ſtehende brennende Lampen befindlich und ein Spiegel oder Reflektor M N ſo angebracht, daß er das Licht A in ſeinem Brennpunkte hat. An dem vorderen Theile der Laterne befindet ſich eine dicke bikonvexe Linſe CD, oder auch eine plan-konvexe (die man gewöhnlich Ochſenauge nennt) von einem kurzen Brennpunkte. Die Laterne iſt von allen Seiten verſchloſſen, ſo daß kein Licht anders als durch die Linſe C D aus ihr herausfallen kann. In der Richtung dieſer Linſe iſt eine Röhre, oder eine Vorrichtung an der Laterne befeſtigt, die an jeder Seite eine Oeffnung hat, durch welche die bemahlten Glasſcheiben, in umgekehrter Stellung der Bilder, geſteckt und hin und her gezogen werden können. G H ſtellt ein ſolches Bild vor. Der vordere Theil der Röhre, enthält noch einige andere, die ſich in jener verſchieben oder heraus- und hineinbewegen läßt und mit der bikonvexen Linſe E F verſehen iſt. Die Wirkung dieſer Theile iſt folgende:

Die dicke Linſe C D, wirft von dem Lichte A ein ziemlich helles Licht auf das Bild G H, und um dieſes Licht noch zu verſtärken, wird oft, jedoch nicht immer, der Spiegel M N, in dergleichen Laternen eingeſetzt, denn da ſich die Flamme in dem Brennpunkte des Spiegels befindet, ſo geht das Licht von dem Spiegel in parallelen Linien zu der Linſe C D hin. Das auf dieſe Art gut erleuchtete Bild H G, wirft nun von jedem Punkte aus Lichtſtrahlen, die, indem ſie durch die Linſe E F gehen, auf der Wand zu einem Brennpunkte vereinigt werden, und das Fig. 1 vorgeſtellte große Bild auf derſelben darſtellen.

Was oben von den verbundenen (conjugate) Brennpunkten einer Linſe iſt geſagt worden, beweiſt, daß man die Linſe E F, je nachdem die Wand näher oder weiter entfernt iſt, näher nach dem Bilde G H hin, oder weiter von ihm hinweg bewegen muß, und zeigt zugleich, warum die Darſtellung an der Wand ſo viel größer als das gemahlte Bild G H iſt.

Einige Zauberlaternen haben ſtatt nur einer Linſe E F zwey Linſen, die aber weniger gekrümmt ſind und in einer kleinen Entfernung von einander eingeſetzt werden. Dieſe wirken ſtärker als eine einfache Linſe. Man ſehe die dritte Figur, wo b b eine Blendung (diaphragma) iſt.

Von dioptriſchen Fernröhren.

Es iſt gezeigt worden, daß ſich die vergrößernden Potenzen der Linſen umgekehrt wie ihre Hauptbrennpunktslängen verhalten, woraus folgt, daß ſehr entfernte Gegenſtände, durch eine einfache Linſe nicht ſehr vergrößert werden, daß dies aber durch eine Verbindung zweyer oder mehrerer Linſen, oder auch durch eine Verbindung von Spiegeln und Linſen bewirkt werden kann. Fernröhre nun, in denen zwey oder mehrere Linſen verbunden werden, heißen: Dioptriſche Fernröhre oder Teleſkope, und diejenigen bey denen Spiegel und Linſen verbunden ſind, katadioptriſche oder zurückwerfende Fernröhre oder Teleſkope.

Das dioptriſche Fernrohr bekömmt nach den verſchiedenen Verbindungen ſeiner Linſen und auch von der verſchiedenen Art daſſelbe anzuwenden, verſchiedene Benennungen, als:

Das aſtronomiſche Fernrohr; es beſteht aus zwey erhabenen Linſen A B, K M, Fig. 4 Taf. XXII,

welche an den beyden Enden eines Rohres befeſtiget ſind, das wenigſtens aus zwei Theilen, welche in einander geſchoben werden können, zuſammengeſetzt iſt, um den Brennpunkt nach der Entfernung der Gegenſtände, die durch das Fernrohr betrachtet werden ſollen, einrichten zu können *).

P Q bezeichnet den Halbdurchmeſſer eines ſehr entfernten Gegenſtandes, von dem von jedem Punkte deſſelben Strahlen ausgehen, die ſo ſehr ſchwach divergirend auf das Objektivglas K M des Fernrohres fallen, daß ſie beynahe parallel ſind. — p q iſt das Bild des Geſtandes P Q, das auf einem, an dieſer Stelle angebrachten Schirme würde entworfen werden. Jenſeits dieſer Stelle gehen die Strahlen eines jeden einzelnen leuchtenden Punktes, divergirend nach einer anderen Linſe A B fort, die das Augenglas heiſt und ſtärker erhaben iſt als die erſtere, und werden nun durch dieſe Linſe genöthiget in paralleler Richtung zu einander fortzugehen, in welcher Richtung ſie dann in das Auge eines bey O befindlichen Beobachters fallen.

Die beyden Linſen dieſes Fernrohres haben eine gemeinſchaftliche Axe O L Q; L q iſt die Brennpunktsentfernung des Objektiv- oder Vorderglaſes und E q die des Augenglaſes, und E L iſt die Summe der beyden Brennpunktsentfernungen. Ein Gegenſtand, der von einem bey O befindlichen Auge durch dieſes Fernrohr geſehen wird, erſcheint ihm deutlich, verkehrt, und vergrößert, indem ſich ſeine Größe, ohne das Fernrohr geſehen, zu ſeiner ſcheinbaren Größe die er durch daſſelbe bekommt, wie q E zu q L das heiſt: wie die Brennpunkts-Entfernung des Augenglaſes zu der Brennpunkts-Entfernung des Objektivglaſes verhält.

Denn die Strahlen, welche, nachdem ſie ſich bey der Stelle r q p durchkreuzt haben, divergirend fortge-

*) Das Rohr iſt nicht auf dem Kupfer abgebildet.

hen, fallen auf eben die Art auf die Linſe A B, als wenn ſich bey r q p, (das heißt bey dem Brennpunkte dieſer Linſe,) ein wirklicher Gegenſtand befände, und folglich müſſen an der anderen Seite dieſer Linſe die Strahlen eines jeden Kegels parallel fortgehen. *) Bey dem Auge bey O nun wird die ſcheinbare Größe des Gegenſtandes oder des Theiles P Q durch den Winkel E O A, oder durch den ihm gleichen q E q gemeſſen oder beſtimmt; bey dem unbewaffneten Auge bey L aber, alſo wenn das Glas hinweggenommen worden, wird die ſcheinbare Größe des Gegenſtandes durch den Winkel Q L P oder den ihm gleichen q L p gemeſſen. Die ſcheinbare Größe für das bloße Auge verhält ſich alſo zu der ſcheinbaren Größe durch das Fernrohr, wie ſich der Winkel q L p zu dem Winkel q E p oder die Entfernung q E zu der Entfernung q L verhält.

Dieſes Fernrohr wird hauptſächlich zu aſtronomiſchen Beobachtungen gebraucht, denn da es den Gegenſtand verkehrt darſtellt, würden ſich auf der Erde befindliche Gegenſtände nicht gut durch daſſelbe ausnehmen.

Nach der oben gegebenen Erklärung iſt es einleuchtend, daß wenn die beyden Linſen dieſes Fernrohres gleiche Brennpunktsentfernungen haben, daſſelbe nicht vergrößern wird. Eben ſo iſt es klar, daß je kürzer der Brennpunkt des Augenglaſes einer gegebenen Objektivlinſe iſt, deſto größer die vergrößernde Potenz oder Kraft ſeyn müſſe. Iſt aber das Mißverhältniß zwiſchen den beyden Brennpunktsweiten zu groß, dann wird die von der Geſtalt der Linſen und von der zerſtreuenden Kraft des Glaſes entſpringende Abweichung ſo ſehr groß, daß der daraus entſtehende Nachtheil ſo groß iſt, daß er nicht durch die vermehrte Vergrößerungskraft kann kom-

*) Man ſehe hiebey das nach, was oben von einer einfachen Linſe iſt geſagt worden.

penſirt oder erſetzt werden. Daher hat man, um eine ſehr ſtark vergrößernde Kraft zu bekommen, dieſe Teleſkope zuweilen ſehr lang, zum Beyſpiel hundert und mehr Fuß lang, gemacht, und da ſie zu aſtronomiſchen Unterſuchungen und meiſt zur Nachtzeit gebraucht wurden, hat man ſich ihrer oft ohne eines Rohres bedient, ſo nemlich, daß das Objektivglas an der Spitze einer Stange in einen Rahmen gefaßt und ſo angebracht wurde, daß es nach jeder beliebigen Richtung konnte bewegt werden, da denn das Augenglas in einem kurzen Rohre befeſtigt wurde, das der Beobachter mit der Hand hielt. So wohl die Entfernung als auch die Richtung der beyden Linſen, wurde vermittelſt einer ſtarken, zwiſchen dem Rahmen des Objektivglaſes und dem Rohre des Augenglaſes ausgeſpannten Schnur, eingerichtet.

Ein auf dieſe Art eingerichtetes Inſtrument hat man ein Luftteleſkop oder Luftfernrohr genannt. Der Gebrauch deſſelben iſt aber offenbar unbequem, und doch ſind mit einem Fernrohre dieſer Art fünf Begleiter oder Monden des Saturn und andere merkwürdige Gegenſtände entdeckt worden.

Die Unvollkommenheiten, denen ein ſolches Fernrohr unterworfen iſt, ſind hauptſächlich eine Folge der zerſtreuenden Kraft des Glaſes, die vorzüglich an dem Rande des Geſichtsfeldes, oft Kreiſe, welche prismatiſche Farben haben, erzeuget. Seit der Erfindung der achromatiſchen oder farbenloſen Linſen aber, hat man die Fernröhre viel kürzer gemacht, indem man, ſtatt eines einzelnen Objektivglaſes K M, entweder eine doppelte oder dreyfache achromatiſche oder farbenloſe Linſe eingeſetzt hat, weil durch eine achromatiſche Linſe die nachtheilige Wirkung der Zerſtreuung, wenn nicht ganz, doch größtentheils, verhütet wird.

Bey einem Teleſkop oder Fernrohr von einer gegebenen Länge, wird der Theil des Gegenſtandes, der auf

einmal in daſſelbe fällt, oder den man auf einmal überſieht, oder das Geſichtsfeld, *) durch die Breite des Okulars oder des Augenglaſes beſtimmt; denn je nachdem A E größer oder kleiner iſt, ſo iſt auch der Winkel A L E oder der ihm gleiche P L Q größer oder kleiner, und dieſer Winkel umfaßt den ganzen Gegenſtand, oder den Theil eines Gegenſtandes, den man an der einen Seite der Axe des Fernrohres auf einmal überſehen kann. Um aber das Geſichtsfeld und in großer Maaße auch die vergrößernde Kraft ſo viel als möglich zu vermehren, beſteht das Augenglas, oder was die Stelle einer einfachen Linſe vertritt, wie es jetzt gebräuchlich iſt, aus zwey plan-konvexen Linſen, die in einer kleinen Entfernung von einander eingeſetzt werden. Der Vortheil einer ſolchen Verbindung iſt S. 267 gezeigt und erklärt worden.

Der Gegenſtand, der durch das beſchriebene Fernrohr umgekehrt geſehen wird, erſcheint aufrecht und deutlich, wenn noch zwey konvexe oder erhabene Augengläſer eingeſetzt werden. So iſt es Fig. 5 Taf. XXII. abgebildet. Das hier vorgeſtellte Fernrohr iſt das nemliche, als was bey Fig. 4 abgebildet worden, jedoch mit dem Unterſchied, daß es noch zwey andere konvexe Linſen bekommen hat, nemlich B und C, die in einer Entfernung von einander angebracht worden, welche der Summe ihrer Brennweiten gleich iſt, und ſind ihre Brennweiten gleich, ſo wird der Gegenſtand um ſo viel als ohne dieſe eingeſetzten Gläſer vergrößert, indem er durch dieſe Linſen aufrecht oder gerade und nicht verkehrt

*) Das Geſichtsfeld eines Fernrohres iſt alſo der Raum, den man durch daſſelbe auf einmal überſieht. Seine Größe wird durch den Winkel gemeſſen, unter welchem der Durchmeſſer deſſelben dem Auge erſcheint. T.

kehrt erſcheint. Man hat ſich daher dieſes Fernrohres meiſtens bey der Beobachtung von Gegenſtänden bedient, die ſich auf der Erde befinden und es daher das Erdfernrohr, oder das Perſpektiv genannt.

Denn die Strahlenkegel E O F, A O B, u. ſ. w. welche bis zur Linſe F B fortgehen, werden durch dieſelbe in ein zweytes Bild S T verwandelt, und der Brennpunkt S irgend eines der ſchiefen Kegel O B, wird durch die Durchſchneidung (interſection) der Linie S T, welche ſenkrecht auf die gemeinſchaftliche Axe der Linſe iſt, und durch die ſchiefe Axe F S, welche mit den einfallenden Strahlen O B parallel gezogen wird, beſtimmt. Da dieſer Punkt S der Brennpunkt der einfallenden Strahlen auf die letzte Linſe G C, iſt, ſo werden die ausfallenden Strahlen C D mit der ſchiefen Axe S G parallel ſeyn, weil man annimmt, daß die Strahlen, welche von T aus fortgehen, mit der geraden Axe parallel ausfallen; es wird daher der Gegenſtand dem Auge bey D deutlich und aufrecht erſcheinen.

Wenn ſich die Linſen B und C ganz gleich ſind, dann iſt der Winkel C D G, der nun die ſcheinbare Größe des Gegenſtandes miſſet, dem Winkel A O E gleich, daher u. ſ. w.

Die letzte Linſe, oder diejenige, die in dieſem Fernrohre die nächſte am Auge iſt, wird gegenwärtig meiſtens doppelt gemacht, ſo nemlich, daß ſtatt einer, zwey Linſen mit einander verbunden werden, um das Geſichtsfeld zu erweitern, daher enthalten gegenwärtig die meiſten Erdenfernröhre vier Linſen in dem Augenrohre.

Das galileiſche Fernrohr beſteht aus einem erhabenen Objektiv- oder Vorderglaſe und aus einem hohlen Augenglaſe, und hat ſeine Benennung von dem großen Galilei bekommen, den man allgemein für den Erfinder deſſelben hält. Die ſechſte Figur der zwey und zwanzigſten Platte zeigt, daß die Entfernung zwiſchen den

beyden Linſen oder Gläſern geringer iſt, als die Brennweite des Objektivglaſes; es iſt nemlich hier, ſtatt der erhabenen Linſe, die ſich hinter der Stelle des Bildes befindet, um zu machen, daß die Strahlen eines jeden Kegels in paralleler Richtung zu dem Auge fortgehen, ein hohles Augenglas eben ſo weit vor dem Bilde eingeſetzt, und dieſes Glas bricht die Strahlen eines jeden Kegels, die zu q und p zuſammenfielen, auseinander und macht, daß ſie parallel nach dem Auge ausfallen, wie einleuchtend wird, wenn man ſich erinnert, daß die Strahlen durch das Augenglas, deſſen Brennweite E q iſt, wieder zurückgehen.

Das Auge muß nahe an das Hohlglas gelegt werden, um ſo viel Strahlenkegel als möglich aufzunehmen. Nimmt man dann an, daß ein ausfallender Strahl eines ſchiefen Strahlenkegels, rückwärts längs A O hervorgebracht werde, ſo wird die ſcheinbare Größe des Gegenſtandes durch den Winkel A O E, oder den ihm gleichen q E p, gemeſſen, der ſich zu dem Winkel q L p, (oder Q L p, als dem Maaße der Größe,) wie q L zu q E, alſo wie in dem aſtronomiſchen Fernrohre verhält. Es iſt einleuchtend, daß durch dieſes Fernrohr die Gegenſtände aufrecht erſcheinen, weil ſich die Lichtſtrahlen nicht durchkreuzen.

Das Geſichtsfeld dieſes Fernrohres, oder die Menge der Gegenſtände, die zugleich oder auf einmal in daſſelbe fallen, hängt nicht, wie bey dem aſtronomiſchen, von der Breite des Augenglaſes, ſondern von der Breite der Pupille des Auges ab, weil die Pupille kleiner iſt als das Augenglas A B, und die Seitenſtrahlenkegel jetzt nicht nach der Axe der Linſe zu zuſammenfahren, ſondern von ihr aus auseinander fahren. Deswegen iſt das Geſichtsfeld bey dieſem Fernrohre kleiner als bey dem vorigen, die Gegenſtände aber erſcheinen durch daſſelbe außerordentlich hell und deutlich.

Durch das Einſetzen eines achromatiſchen Objektivglaſes, anſtatt der bloßen einfachen Linſe K L, werden ſowohl dieſes, als auch die vorherbeſchriebenen Fernröhre verbeſſert.

Das gewöhnliche Opernglas, (der Operngucker,) iſt nichts anderes als ein kurzes galiläiſches Fernrohr.

Das Nachtfernrohr, (Katzenauge) iſt ein kurzes, ohngefähr zwey Fuß langes Fernrohr, welches die Gegenſtände verkehrt, ſehr erleuchtet, aber nicht ſtark vergrößert darſtellt. Das Geſichtsfeld deſſelben iſt alſo auch ſehr groß.

Dieſer Eigenſchaften wegen, bedienen ſich meiſtens die Schiffer dieſes Fernrohres in der Nacht, um nicht weit entfernte Gegenſtände zu entdecken, die ſie ſonſt wegen Mangel des gehörigen Lichtes nicht ſehen könnten, zum Beyſpiele Fahrzeuge, Küſten, Felsen u. d. gl. m. Aber auch den Aſtronomen hat daſſelbe, wegen ſeines großen Geſichtsfeldes und ſeiner großen Helligkeit bey der Aufſuchung und Entdeckung einiger Himmelskörper, deren Standort und Lage nicht genau bekannt iſt, gute Dienſte geleiſtet, auch iſt es ihnen deswegen vortheilhaft, weil man mit demſelben zugleich die verhältnißmäßige Lage oder Stellung verſchiedener Sterne oder anderer Gegenſtände überſehen kann, daher es auch Sternſucher, Kometenſucher genannt wird.

Dieſes Fernrohr hat ein ziemlich großes und einfaches Objektivglas, daher es eben ſeine große Helligkeit bekömmt. Denn da alle von einem jeden einzelnen Punkte des Gegenſtandes ausgehenden Strahlen auf die ganze Linſe eines Fernrohres fallen und von da aus zu einem Brennpunkte gebrochen werden, ſo iſt es einleuchtend, daß je größer die Linſe iſt, deſto größer die Zahl der Strahlen ſeyn müſſe, die auf dieſen Brennpunkt geworfen werden und daß folglich auch das Bild deſto

heller ſeyn müſſe. Für dieſes Fernrohr kann man ſich einer ziemlich großen Linſe bedienen, weil daſſelbe nicht beſtimmt iſt den Gegenſtand mehr als ohngefähr vier bis ſechsmal zu vergrößern.

Man ſetzt in dieſes Fernrohr oft eine zweyte Linſe ein, um die Brennpunktslänge des Objektivglaſes zu verkürzen. Das Augenglas iſt zuweilen einfach, meiſt aber doppelt, (nemlich ſo, daß zwey plankonvexe Linſen in einer kleinen Entfernung von einander hinein geſetzt werden,) und ziemlich groß. Daher hat es auch ein ſo großes Geſichtsfeld, das bey einigen dieſer Fernröhre mehr als ſechs oder ſieben Grade beträgt.

Hiebey muß ich ein für allemal bemerken, daß ſich bey jedem Fernrohre die Entfernung zwiſchen dem Objektivglaſe und den anderen Linſen muß verändern laſſen können, um den Brennpunkt nach Verhältniß der Entfernung der Gegenſtände einrichten zu können. Daher beſteht eben ein jedes Fernrohr wenigſtens aus zwey Rohren, von welchen das eine, nemlich das mit dem Augenglaſe, in das andere geſchoben werden kann. Man kann auch an ein und daſſelbe Fernrohr nach Bedürfnis verſchiedene Augenrohre, die hohlere oder tiefere Linſen, oder auch mehrere Linſen haben, ſtecken, theils um ihnen nach Erfordern des Grades der Helligkeit der Luft, der Gegenſtände u. ſ. w. verſchiedene vergrößernde Kräfte geben, und theils um ſie in aſtronomiſche oder Erden= Fernröhre verwandeln zu können.

Von dem katadioptriſchen Fernrohre. *)

Dieſes Teleſkop heißt auch das Newton'ſche, und auch das Zurückwerfende. Wenn auch Newton nicht der Erfinder deſſelben iſt, ſo war er doch der

*) Es heißt auch Spiegelteleſkop; auch Reflektor; welche Art man eigentlich Teleſkope zu nennen pflegt. T.

erſte, der ein Teleſkop dieſer Art zu Stande brachte, das, wie ſchon der Name deſſelben anzeigt, aus zurückwerfenden und brechenden Theilen beſteht.

Der allgemeine Grundſatz dieſes Teleſkops, iſt kein anderer als der, auf dem auch die Einrichtung des dioptriſchen und brechenden Fernrohres beruht. In dem letzteren werden die von einem entfernten Gegenſtande kommenden Strahlen, durch die Wirkung des erhabenen Objektivglaſes, in einen Brennpunkt geſammelt, worauf die Strahlen eines jeden einzelnen leuchtenden Punktes jenſeits dieſes Brennpunktes durch die Wirkung des Augenglaſes oder der Augengläſer, wieder parallel gemacht werden. Dies drückt man auch ſo aus, daß man ſagt: das Objektivglas mache ein Bild des Gegenſtandes, das durch das Augenglas geſehen werde. — In dem zurückwerfenden Teleſkope dargegen werden die von einem entfernten Gegenſtande kommenden Strahlen durch die Wirkung eines Hohlſpiegels zuſammenfahrend zu einem Brennpunkt zurückgeworfen, wo ſie ein Bild entwerfen, das durch das Augenglas geſehen wird.

Es giebt vier Arten dieſes Teleſkopes, die man leicht wird kennen und unterſcheiden lernen.

Fig. 7 Taf. XXII. ſtellt das Weſentliche der urſprünglichen Einrichtung deſſelben dar. A C D B iſt der Durchſchnitt eines bey A B offenen Rohres. E F iſt ein an dem Boden des Rohres befeſtigter Hohlſpiegel, m n iſt ein von der einen Seite des Rohres hervorſtehender und bis in die Mitte oder Axe deſſelben reichender Arm, wo er einen kleinen, ſchief geſtellten platten Spiegel G trägt, ſo daß die von einem jeden einzelnen Punkte eines entfernten Gegenſtandes kommenden und auf den Hohlſpiegel E F fallenden Strahlen, durch denſelben konvergirend nach dem kleinen platten Spiegel G zurückgeworfen werden, welcher ſie ſeitwärts abbeugt und ſie noch immer ſo konvergent nach einer in der Sei-

te des Rohres befindlichen Oeffnung bey H wirft, wo dann das Bild des Gegenſtandes I K gebildet wird, das man dann durch ein Augenglas L, oder durch ein Rohr mit mehr als einem Augenglaſe, um den Gegenſtand, wie in den oben beſchriebenen brechenden Fernröhren, aufrecht darzuſtellen, ſiehet.

Es iſt einleuchtend, daß die Brennpunktslänge des Spiegels E G plus G H gleich iſt, denn blos der platte Reflektor oder Spiegel G beugt die Strahlen seitwärts. Ohne dieſen kleinen Spiegel würden die von E F zurückgeworfenen Strahlen ein Bild bey O machen, (indem O G mit G H gleich iſt,) wo auch in der That ein Augenglas angebracht werden könnte, ſo daß der durch daſſelbe ſehende, mit dem Geſichte gegen den Spiegel E F gekehrte Beobachter, das vergrößerte Bild des Gegenſtandes I K ſehen müßte, allein in dieſem Falle würde der Kopf des Beobachters einen großen Theil der Strahlen auffangen; wird jedoch der Spiegel E F ein wenig ſchief geſtellt, ſo kann ſein Brennpunkt nach P geworfen werden, ſo daß, wenn daſelbſt das Augenglas angebracht wird, der Kopf des Beobachters — zumal wenn der Spiegel E F von beträchtlicher Größe iſt, — wenig oder nichts von dem Lichte auffangen wird. Dies macht die zweyte Verſchiedenheit, oder Art der Teleſkope.

Die vergrößernde Kraft dieſes Teleſkopes wird auf die nemliche Art wie die des brechenden Teleſkops beſtimmt, nemlich, die Brennweite des Spiegels E F, (welcher dem Objektivglaſe des brechenden Fernrohrs ähnlich iſt,) wird durch die Brennweite des Augenglaſes dividirt und der Quotient zeigt dann, wie vielmal der Gegenſtand durch das Teleſkop größer erſcheint, als ohne daſſelbe geſehen.

Dieſes Teleſkop hat bey H eine Einrichtung, das heißt nemlich: das kurze Rohr mit dem Augenglaſe, oder den Augengläſern, kann ein wenig weiter hineingeſchoben oder herausgezogen werden, denn die Brennweite des Spiegels E F wird größer oder kleiner, je nachdem die Entfernung des Gegenſtandes größer oder kleiner iſt.

Die dritte Art der Teleſkope heißt das **gregorianiſche Teleſkop** und iſt Fig. 8 Taf. XXII. abgebildet. Der große Hohlſpiegel B E dieſes Teleſkopes iſt gerade in ſeiner Mitte durchbohrt. In dem Rohre des Teleſkopes wird von dem Arme H ein kleiner Hohlſpieges x y, ſo getragen, daß er dem großen Spiegel B E gerade gegenüber ſteht. In dem Okular oder Augenrohre befinden ſich zwey Linſen W X und n t und der Beobachter legt das Auge an einer kleinen Oefnung bey P an, um den vergrößerten entfernten Gegenſtand G ſehen zu können.

Der große Spiegel B E, bekömmt die Strahlen a c, b d, von dem entfernten Gegenſtande und wirft ſie zu ſeinem Brennpunkte e zurück, wo ſie das umgekehrte Bild machen, oder einander durchkreuzen und dann auseinanderfahrend, auf den kleinen Spiegel x y fallen, deſſen Brennpunkt bey F iſt, alſo ein wenig weiter als der Brennpunkt e des großen Spiegels, von da werden die Strahlen auf die Linſe W X nicht auf eine parallele, ſondern auf eine zuſammenfahrende Art zurückgeworfen, und durch die Wirkung dieſer Linſe noch mehr zuſammengedrängt, ſo daß ſie zu einem Brennpunkte zuſammenfallen, oder ein zweytes Bild R S hervorbringen, das viel größer als das erſte iſt und aufrecht, wie der Gegenſtand ſelbſt erſcheint. So wird endlich dieſes Bild durch das Okular oder Augenglas n o geſehen, oder mit anderen Worten, die von einem jeden einzelnen Punkte

des Gegenſtandes ausgehenden Strahlen, fallen nach dieſer zweyten Durchkreuzung auseinanderfahrend auf das Augenglas, welches ſie dann in beynahe paralleler Richtung durch ein ſehr kleines Loch dem Auge bey P zuſendet. Zuweilen iſt das Augenglas n o, doppelt, das heißt; es beſteht aus zwey Linſen, welche ſtatt einer einfachen Linſe, wie oben S. 267 erklärt worden, ein- geſetzt werden.

Wenn die erſte Linſe W X herausgenommen würde, ſo würde das Bild bey z etwas größer werden, aber dann würde die Fläche oder das Geſichtsfeld kleiner und nicht ſo angenehm ſeyn. An dem Orte des Bildes R S wird ein kreisförmiges Stück Meſſing eingeſetzt, welches die Blendung genannt wird und mit einer Oefnung verſehen iſt, die gerade groß genug iſt, das ganze Bild durchzulaſſen oder zu umſchreiben und doch auch enge genug, um alles überflüſſige oder äußere Licht abzuhalten, ſo daß der Gegenſtand ſo deutlich, als möglich iſt, kann geſehen werden.

Die vergrößernde Kraft dieſes Teleſkop's wird auf folgende Art berechnet:

Wenn es blos aus den beyden Reflektoren oder Spiegeln beſtände und dieſe ſo darinnen angebracht wä- ren, daß e der Brennpunkt eines jeden derſelben wäre, dann würden die Strahlen, die von dem entfernten Ge- genſtande parallel zu dem großen Spiegel kommen und von dieſem auseinanderfahrend zu dem kleinen Spiegel gehen würden, nach der zweyten Zurückwerfung parallel zu dem Auge bey P gehen und folglich würde der Ge- genſtand in dem Verhältniſſe der Brennpunkts- Entfer- nung des großen Spiegels zu der Brennpunkts- Entfer- nung des kleineren vergrößert erſcheinen, ſo daß, wenn ſich die Brennpunkts- Entfernung des erſteren zu der des letzteren wie ſechs zu eins verhielten, dann das Bild im Durchmeſſer ſechsmal vergrößert werden würde. Da

aber das erſte Bild in ein zweytes viel größeres, das man durch das Augenglas ſieht, iſt verwandelt worden, ſo ſteht die ganze vergrößerende Potenz oder Kraft in einem zuſammengeſetzten Verhältniſſe von d e zu e x und von x z zu z o. Wenn das erſtere Verhältniß wie 6 zu 1 und das letztere wie 8 zu 1 iſt, ſo wird der Gegenſtand durch das Teleſkop 48 mal, (nemlich 6 mit 8 multiplicirt,) größer im Durchmeſſer erſcheinen, als durch das bloße Auge.

Die vierte Art der zurückwerfenden oder Spiegel-Teleſkope, iſt unter dem Namen des Caſſegrainiſchen Teleſkopes bekannt. Es unterſcheidet ſich von dem Gregoriſchen dadurch, daß bey ihm der kleine Hohlſpiegel ein erhabener iſt. Daher muß der kleine Spiegel näher bey dem großen Spiegel, als der Brennpunkt des letzteren iſt, angebracht werden, denn die Strahlen fallen von dem großen Spiegel zuſammenfahrend auf den kleinen erhabenen Spiegel und werden von dieſem zuſammenfahrend auf die Linſe W X zurückgeworfen u. ſ. w.

Der einzige bemerkenswerthe Unterſchied zwiſchen dieſem und dem gregoriſchen Teleſkope iſt der, daß in dem Caſſegrainiſchen der Gegenſtand verkehrt erſcheint, weil kein Bild in demſelben hervorgebracht wird, oder die Strahlen zwiſchen den beyden Spiegeln ſich einander nicht durchkreuzen. *) Auch iſt bey einer gleichen vergrößerenden Kraft u. ſ. w. dieſes Teleſkop um die doppelte Brennweite des kleinen Spiegels kürzer als das Gregoriſche.

*) Man könnte zwar auch bey dieſem die Bilder aufrecht darſtellen, indem man ein einziges hohles Okular einſetzte oder auch vier oder mehr Augengläſer verbände, aber im erſteren Falle würde das Geſichtsfeld und im zweyten die Helligkeit gar ſehr leiden. T.

Bey beyden Teleſkopen läuft außen längs dem Rohre ein daran befeſtigter Draht hin, an deſſen Ende eine Schraube befindlich iſt, die in eine äußere Hervorragung g des inneren Armes oder Trägers des Spiegels paßt und dazu dient, den Arm mit dem kleinen Spiegel dem größeren näher zu bringen, oder ihn weiter von demſelben zu entfernen, um den Brennpunkt des Teleſkops der Entfernung des Gegenſtandes gemäß einrichten zu können. Die Wirkungsart dieſes Drahtes iſt leicht ein zu ſehen. Er geht nemlich durch ein Loch bey F, wo er, wie man auf dem Kupfer ſieht, durch zwey Zapfen oder Knöpfe verhindert wird ſich vorwärts oder rückwärts zu ziehen. Wenn daher der Beobachter durch die Oefnung P ſieht, ſo kann er den Draht vermittelſt des Knopfes Q mit der Hand drehen und ſo den an dem Arme oder dem Träger befindlichen Spiegel näher bey oder weiter abſchrauben u. ſ. w. bis der Gegenſtand ſehr deutlich erſcheint.

Ueberhaupt genommen kann man den Spiegelteleſkopen einen größeren Grad der Wirkſamkeit geben, als den brechenden Fernröhren von gleicher Länge. Die Urſache davon liegt hauptſächlich darinn: daß die Lichtſtrahlen durch die Zurückwerfung nicht, wohl aber durch die Brechung zerſtreut werden, und auch darinn: daß man den großen Spiegeln oder Reflektoren eine mehr paraboliſche, oder doch wenigſtens eine ſolche Geſtalt geben kann, die ihrer Abſicht beſſer als die ſphäriſche Form entſpricht. Die Spiegelteleſkope aber ſind größer und ſchwerer als die brechenden; wo man daher keine kurzen und tragbaren Teleſkope hat, kann man die achromatiſchen Fernröhre vorziehen; auf Sternwarten aber, denen große und ſehr wirkſame Fernröhre fehlen, ſollte man ſich der Spiegelteleſkope vor anderen bedienen.

Das größte jetzt exiſtirende Spiegelteleſkop iſt das, was der berühmte Aſtronom Doktor Herſchel verferti-

get hat. Es iſt ein Teleſkop der zweyten Art, das heißt: ein ſolches, bey dem der Beobachter durch ein Augenglas auf den großen Spiegel ſieht, deſſen polirte Oberfläche 48 Zoll im Durchmeſſer hat und deſſen Brennweite gegen 40 Fuß beträgt. *) Ich kenne kein brechendes Fernrohr, deſſen Kraft, der dieſes rieſenmäßigen Teleſkopes, oder eines anderen auch von Herſchel verfertigten von 20 Fuß, oder auch nur eines ſeiner ſieben Fuß langen Spiegelteleſkope, denen er eine vergrößerende Kraft von einigen tauſenden geben kann, gleich käme †).

Die oben erwähnten Methoden, die vergrößerenden Potenzen oder Kräfte der Teleſkope zu berechnen, ſind im Ganzen genommen nicht ſehr anwendbar, weil die Linſen und Spiegel nicht gut herausgenommen werden können, wie doch geſchehen müßte, wenn ihre beſonderen Brennweiten ſollten beſtimmt werden. Ich will daher hier eine Methode angeben, wie dieſer Zweck auf eine praktiſche Weiſe erreicht werden kann.

Es giebt verſchiedene Methoden die vergrößerenden Kräfte von Teleſkopen durch Experimente zu beſtimmen *); ich will indeſſen hier nur eine der leichteſten angeben, die von John Edwards in folgenden Ausdrücken iſt beſchrieben worden: „Man ſtelle oder hänge in einer Entfernung von 100 oder 200 Ellen (Yards) von dem Teleſkope ein kleines kreisförmiges Stück Papier, von einem beliebigen Durchmeſſer, zum Beyſpiele dem eines Zolles, auf. Auf eine Karte, oder ein Stück ſtarkes Papier, durch welches das Licht nicht leicht dringen

*) Man ſehe die philoſophiſchen Transactionen von 1795. Artikel 18.

†) S. Ebendieſelben B. 72. Artikel 11.

*) Man ſehe Doctor Smith's Optik, die Anmerkungen zum 109. und 485. Artikel; auch meine Beſchreibung und Gebrauch des Perlmutter-Mikrometers, London 1793.

kann, ziehe man zwey ſchwarze Parallellinien, deren Entfernung von einander genau dem Durchmeſſer des kleinen kreisförmigen Papiers gleich iſt. Dann richte man das Teleſkop zum deutlichen Sehen ein, und ſehe nun mit dem einen Auge nach dem erwähnten kreisförmigen Papiere und zugleich mit dem anderen nach den zwey Parallellinien. Dann bringe man dieſe Parallellinien näher zu dem Auge oder weiter von ihm hinweg, bis man ſieht, daß ſie genau das in dem Teleſkope geſehene kleine kreisförmige Papier zu bedecken ſcheinen. Darauf meſſe man die Entfernung des kleinen kreisförmigen Papieres und auch die der Parallellinien von dem Auge und dividire die Entfernung des erſteren durch die des letzteren, ſo bekömmt man die geſuchte vergrößerende Kraft des Teleſkopes."

Ich habe im Vorhergehenden der Röhre, Geſtelle, und Bewegungen, die man gewöhnlich den Teleſkopen giebt, darum nicht erwähnt, weil erſtlich dieſe Punkte nichts zur Erklärung der Grundſätze optiſcher Inſtrumente beytragen und zweytens darum: weil die beſondere Beſchreibung ſolcher äußeren Theile nach allen ihren Verſchiedenheiten mehr Raum einnehmen würde, als ich ihr widmen darf. Indeſſen giebt es doch noch zwey zu den Teleſkopen gehörige nützliche Inſtrumente, die eine kurze Beſchreibung verdienen.

Um das ſchnellere Finden eines Gegenſtandes zu erleichtern, wird gewöhnlich an dem Rohre eines großen Teleſkopes ein Sucher, (Finder,) das heißt: ein kurzes Fernrohr A, Fig. 8 befeſtiget. Dieſer Sucher vergrößert den Gegenſtand nicht ſtärker als 4, 6 oder 8 mal; aber er hat ein großes Geſichtsfeld, ſo daß man durch ihn einen großen Theil des Himmels zugleich überſehen kann. In ſeinem Rohre ſind genau bey dem Brennpunkte des Okulars zwey dünne Drähte befindlich, die ſich in der Axe des Teleſkops durchkreuzen. Dieſer

Sucher wird nun durch Schrauben auf dem Rohre des großen Teleſkopes ſo eingerichtet, daß ein Gegenſtand der durch den Sucher geſehen, dem Durchkreuzungspunkte der erwähnten Drähte nahe erſcheint, zu gleicher Zeit auch durch das große Teleſkop geſehen werden kann. Wünſcht dann der Beobachter einen kleinen entfernten Gegenſtand, dergleichen ein Stern, ein Planet u. ſ. w. iſt, zu ſehen, ſo bewegt er das Inſtrument ſo lange hin und her, bis er durch den Sucher ſiehet, daß der Gegenſtand beynahe den Durchkreuzungspunkt der Drähte deckt, dann ſieht er ſogleich auch durch das große Teleſkop nach demſelben u. ſ. w. *)

Auch ein **Mikrometer** **) wird zuweilen bey Fernröhren angebracht. Man bedient ſich deſſelben um kleine Winkel zu meſſen. Es ſind eine große Menge von verſchiedenen Mikrometern von mehrern ſcharfſinnigen Männern erfunden worden und man hat ſie mehr oder weniger zuſammengeſetzt, mehr oder weniger koſtbar und mehr oder weniger genau. Wenn der Leſer wünſchen ſollte die Einrichtung der verſchiedenen Arten derſelben zu unterſuchen und kennen zu lernen, ſo wird er in den in der untenſtehenden Anmerkung genannten Schriften, Befriedigung für ſeine Wißbegierde finden. ***) Ich begnüge mich hier die Beſchrei-

*) Da dieſer Sucher auf dem Teleſkope ſo befeſtigt werden muß, daß ſeine Axe der Axe des Teleſkopes vollkommen gleichlaufend iſt, ſo zeigt ſich natürlich der Stern u. ſ. w., ſobald er im Sucher erſcheint, auch in dem Teleſkope, weil beyde parallele Axen haben. Der Gegenſtand, den man mit dem Sucher auffinden will, um ihn durch das größere Teleſkop zu ſehen, muß gerade in die Mitte des Geſichtsfeldes des Suchers gebracht werden, dann ſieht ihn das Auge durch das größere Teleſkop ebenfalls in der Mitte des Geſichtsfeldes. T.

**) Das iſt: eine Vorrichtung zu Abmeſſung kleiner Größen.

***) Man ſehe hiebey nach: **Smith's** Optik B. 3. K. 8. (Beſonders in Bezug auf die Geſchichte der Mikrometer.) Dol-

bung eines von mir vor einigen Jahren erfundenen ſehr einfachen und doch zugleich ſehr genauen Mikrometers beyzufügen, wenn ich vorher noch bemerkt habe, daß das Mikrometer überhaupt beſtimmt iſt, die Größe des Bildes, das in dem Brennpunkte des Augenglaſes oder der Augengläſer in dem Teleſkope entworfen wird, zu meſſen, indem man, wenn man die vergrößernde Kraft des Teleſkopes kennt, leicht berechnen kann, welchem Winkel jenes Maaß entſpricht. Wenn zum Beyſpiele das Teleſkop dreyßigmal vergrößert und das Mikrometer zeigt, daß die Länge des Bildes des Gegenſtandes einen Winkel von zwey Minuten macht, ſo kann man daraus folgern, daß der wahre Gegenſtand einen Winkel macht, der den 30ſten Theil von zwey Minuten, nemlich vier Sekunden beträgt und ſo fort.

Mein Mikrometer beſteht aus einer kleinen halbdurchſichtigen Skale, oder einem ſolchen Streifen von Perlmutter, der ohngefähr die Breite eines zwanzigſten Theiles eines Zolles und die Stärke des gewöhnlichen Schreibepapieres hat. Er iſt durch Parallellinien in eine Zahl gleicher Theile getheilt, von welchen Abtheilungslinien immer jede fünfte und zehnte ein wenig länger als die übrigen iſt.

londs Mikrometer betreffend: die philoſophiſchen Transactionen B. 61. S. 536. Wegen Boſcovih's Mikrometer: eben dieſelben B. 67. S. 789. 799. Ueber Rochon's Mikrometer: deſſen Sammlung von Abhandlungen über die Mechanik und Phyſik. Ueber Ramsden's Mikrometer: die philoſophiſchen Transactionen B. 69. S. 419. Ueber Herſchels Lampenmikrometer: eben dieſelben B. 72. Art. 13. Wegen Smeaton's Aequator-Mikrometer: eben dieſelben B. 77. Art. 33. (Auch findet man Belehrung darüber in Hube's Unterricht in der Naturlehre B. 3. S. 460. ff. 470. ff. und in Gehlers phyſikaliſchem Wörterbuche unter dem Artikel Mikrometer.

Dieſes Mikrometer oder dieſe eingetheilte Skale wird in dem Rohre des Teleſkopes bey dem Brennpunkte des Augenglaſes, wo das Bild erzeugt wird, angebracht und geht mit ſeinem eingetheilten Ende durch den Mittelpunkt des Geſichtsfeldes; indeſſen iſt das letzte nicht ſchlechterdings nothwendig. Es iſt gleichgültig, ob das Teleſkop ein brechendes Fernrohr oder ein Spiegelteleſkop iſt, nur muß in beyden Fällen das Augenglas erhaben und nicht, wie bey dem galiläiſchen Teleſkope, ein Hohlglas ſeyn.

Die einfachſte Art es zu befeſtigen iſt, es auf die Blendung, die gewöhnlich in dem Rohre bey der Brennweite des Augenglaſes ſteht, zu ſtecken.

Wenn man durch das Teleſkop ſieht, ſo wird man ſehen, daß der Gegenſtand und das Mikrometer einander decken, daher kann der Beobachter leicht bemerken, wie viel Abtheilungen des letzteren die Länge oder Breite des erſteren einnimmt oder beträgt, und kennt er den Werth der Abtheilungen des Mikrometers, ſo kann er leicht den Winkel, den der Gegenſtand mit dem Auge macht, beſtimmen.

Es giebt verſchiedene Methoden den Werth der Abtheilungen eines Mikrometers in einem gegebenen Teleſkope zu beſtimmen; die folgende aber iſt eine der leichteſten.

Man richte das Teleſkop auf die Sonne und bemerke, wie viel Abtheilungen des Mikrometers der Durchmeſſer derſelben ganz genau mißt. Dann nehme man aus dem Schiffer Almanach den Durchmeſſer der Sonne für den Tag, an welchem die Beobachtung angeſtellt wird, dividire ihn durch die obenerwähnte Anzahl von Abtheilungen, ſo iſt der Quotient der Werth einer Abtheilung des Mikrometers. Man nehme zum Beyſpiele an, daß der Durchmeſſer der Sonne $26\frac{1}{2}$ Abtheilungen

des Mikrometers meſſe und daß der Schiffer-Almanach als das Maaß des Winkels, den eben dieſer Durchmeſſer macht, 31′, 22′′, oder (wenn das Ganze in Sekunden verwandelt wird,) 1882′′ angebe; ſo dividire man 1882′′ durch 26, 5, ſo giebt der Quotient, (einen kleinen Reſt abgerechnet,) 71′′ oder 1′, 11′′ und dies iſt der Werth einer Abtheilung des Mikrometers; dieſer Quotient doppelt genommen giebt den Werth von zwey; dreymal genommen von drey Abtheilungen und ſo fort.

Das Mikroſkop iſt ein anderes, höchſt nützliches, inſtruktives und Vergnügen gewährendes optiſches Inſtrument. So wie uns das Fernrohr in den Stand ſetzt, Gegenſtände, oder Theile von Gegenſtänden, die uns ſonſt wegen ihrer weiten Entfernung von uns, unſichtbar bleiben würden, zu unterſcheiden, ſo macht es das Mikroſkop uns möglich, ſolche kleine Gegenſtände und ihre Theile, die uns ohne daſſelbe ſchlechterdings unerkennbar bleiben würden, wahrnehmen zu können.

Ich habe bereits erwähnt, daß es zwey Arten von Mikroſkopen giebt, nemlich: das einfache, das nur aus Einer Linſe beſteht und das zuſammengeſetzte, in welchem mehrere Linſen mit einander verbunden ſind. Man hat auch wohl das Sonnenmikroſkop und das Lampenmikroſkop als zwey andere, von jenen verſchiedene Arten angenommen, aber beydes ſind in der That blos einfache Mikroſkope, in denen die Gegenſtände entweder von der Sonne oder einer Lampe, einer Kerze u. ſ. w. beleuchtet werden.

Von den Eigenſchaften des einfachen Mikroſkops, das heißt: von der vergrößernden Potenz oder Kraft u. ſ. w. einer einfachen kleinen Linſe, iſt das Nöthige in dem Vorhergehenden geſagt worden. Blos in Anſehung der Grenzen deſſelben muß ich noch bemerken, daß

man kleine Linſen gemacht hat, deren Brennweite kürzer als der zweyhundertſte Theil eines Zolles war und die folglich den Gegenſtand mehr als ſechzehnhundertmal im Durchmeſſer vergrößern, indeſſen fallen ſo ſehr kleine Linſen höchſt ſelten weder in Anſehung der Geſtalt noch auch der Politur ſo gut aus, als es ſeyn ſollte. Man hat auch vermittelſt einer Lampe und des Blasrohres kleine Glaskügelchen darzu eingerichtet, deren Durchmeſſer ohngefähr den tauſendſten Theil eines Zolles betrug, und deren vergrößerende Kräfte ungeheuer groß waren; allein der Gebrauch ſolcher kleinen Linſen oder Kügelchen iſt mit ſehr großen Schwierigkeiten verbunden, ihr Geſichtsfeld iſt außerordentlich klein und da der Gegenſtand äußerſt nahe an ihre Oberfläche gebracht werden muß, ſo werden ſie oft dadurch beſchmuzt oder ſie bekommen Riſſe und werden folglich unbrauchbar. Man muß es jedoch geſtehen, daß man durch eine einfache Linſe, wenn ſie eine gute Geſtalt hat und gut polirt iſt, einen Gegenſtand viel heller und deutlicher ſehen kann als durch ein zuſammengeſetztes Mikroſkop von einer gleichen vergrößernden Kraft.

Fig. 9 Taf. XXII. ſind die beyden Linſen eines zuſammengeſetzten Mikroſkopes abgebildet. a c b iſt ein kleiner Gegenſtand, der zwar nicht genau in dem Brennpunkte der kleinen Objektivlinſe d e f, aber doch nahe bey demſelben angebracht iſt, und die von irgend einem einzelnen Punkte des Gegenſtandes ausgehenden Lichtſtrahlen, werden durch die Wirkung dieſer Linſe irgend wo bey A B C, zu einem Brennpunkte vereinigt, wo ſie ein Bild machen, das um eben ſo viel größer als der Gegenſtand iſt, als die Entfernung B e, größer iſt als die Entfernung e c. Eine andere größere Linſe D F, wird ſo angebracht, daß der Brennpunkt derſelben bey B ſeyn kann. Befindet ſich nun das Auge des Beobachters bey I, ſo ſieht es das Bild A C durch dieſe große

Linſe D F vergrößert, oder mit anderen Worten: die von einem jeden einzelnen Punkte des Gegenſtandes, zum Beyſpiele von dem Punkte c, ausgehenden Strahlen, werden, indem ſie durch die Linſe d f gehen, zu einem Brennpunkte B vereinigt, wo ſie ſich darauf durchkreuzen und dann divergirend oder auseinanderfahrend durch die Augenlinſe D F fortgehen, welche macht, daß ſie mit dem Auge beynahe parallel werden.

Die vergrößernde Kraft dieſes Mikroſkopes iſt leicht zu berechnen, denn erſtlich verhält ſich das Bild A C zu dem Gegenſtande, wie ſich die Entfernung B e zu der Entfernung c e verhält, und zweytens: ſieht man das Bild A C von I aus unter dem Winkel DIF, welcher dem Winkel AEC gleich iſt, und folglich zeigt ſich das Bild dem bloßen Auge um eben ſo viel länger, als die Entfernung BE kürzer iſt als acht Zoll, oder die Grenze des deutlichen Sehens für das bloße Auge, ſo daß, wenn die Entfernung ec einen Zoll, eB ſechs Zoll und EB zwey Zoll beträgt, dann das Bild A C ſechsmal länger iſt als der Gegenſtand ab und durch die Linſe DF viermal vergrößert wird, ſo daß überhaupt der Gegenſtand ab dem Auge bey I viermal, oder ſechsmal, oder vier und zwanzigmal vergrößert erſcheint.

Dieſes Mikroſkop hat ein längeres Geſichtsfeld, als ein einfaches von der nemlichen Wirkung, und dies ſein Geſichtsfeld wird noch mehr erweitert, wenn man außer der einfachen Linſe D F, noch eine oder mehrere Linſen hinzufügt. Die vergrößernde Kraft eines Mikroſkops mit mehr als zwey Linſen muß nach der Wirkung aller ſeiner Linſen berechnet werden, oder man kann ſie durch einen auf folgende Art anzuſtellenden Verſuch beſtimmen: Man ſtelle einen Theil eines abgetheilten Maaßſtabes vor das Mikroſkop, ſo daß man, wenn man durch das Mikroſkop darauf ſieht, eine ſeiner Abtheilungen vergrößert ſehen kann. Dann ſehe man auch mit dem an-

deren Auge nach dem Maaßſtabe außerhalb des Mikro-ſkops, dann wird man das Bild der vergrößerten Ab-theilung ſo ſehen, als ob es auf dem Maaßſtabe wäre entworfen worden, da man denn leicht ſehen kann, wie viel Abtheilungen des nicht vergrößerten Maaßſtabes der einzelnen vergrößerten Abtheilung gleich ſind, oder wie viel von jenen dieſe mißt oder einnimmt, und dieſe Zahl bezeichnet die vergrößernde Kraft dieſes Mi-kroſkopes. Wenn alſo der Maaßſtab auf die gewöhnli-che Art in Zolle und Zehntel (Linien) eingetheilt iſt, und man findet, daß ein vergrößertes Zehntel (Linie) drey Zollen gleich iſt, ſo kann man daraus ſchließen, daß das Mikroſkop dreyßigmal vergrößert.

So wohl die einfachen als auch die zuſammengeſetz-ten Mikroſkope haben nach der Art ihrer Geſtalt und ihres Gebrauchs mehrere Benennungen bekommen, die aber nicht von der weſentlichen Einrichtung derſel-ben, ſondern von dem Apparat hergenommen ſind, wel-cher bey ihnen erforderlich iſt, um ſie entweder tragbar oder feſt, oder zu irgend einem beſonderen Zwecke ge-ſchickt zu machen. So giebt es ein Waſſermikro-ſkop, ein dunkles Mikroſkop, (das iſt: ein Mi-kroſkop zur Beobachtung dunkler Gegenſtände,) Wil-ſon's Mikroſkop u. ſ. w.

Man hat auch Mikroſkope mit Spiegeln gemacht, daher ſie Spiegelmikroſkope ſind genannt worden. Den Grundſatz ihrer Zuſammenſetzung kann man leicht von dem ableiten, was oben in dieſer Rückſicht von den Spiegelteleſkopen iſt geſagt worden. Indeſſen ſind die Spiegelmikroſkope überhaupt genommen, weder ſo brauch-bar, noch auch ſo leicht zu handhaben als die mit Linſen.

Man hat auch bey zuſammengeſetzten Mikroſkopen Mikrometer wie bey den Teleſkopen und auch auf eben die Art wie bey dieſen angebracht, nemlich an der Stel-le innerhalb des Körpers des Mikroſkop's, wo das Bild

hervorgebracht wird. Zuweilen werden aber auch die Mikrometer mit dem Gegenſtande ſelbſt verbunden, nemlich ſo, daß derſelbe auf eine abgetheilte Skale von Glas, Elfenbein, Metall u. ſ. w. gelegt wird und beyde zu gleicher Zeit vergrößert werden. Allein die Mikrometer dieſer Art ſind bey weitem nicht ſo leicht anzubringen und auch nicht ſo allgemein anwendbar, als diejenigen, welche das Bild innerhalb des Mikroſkopes meſſen, und unter dieſen iſt das oben beſchriebene Perlmuttermikrometer bey weitem das genaueſte und auch das einfachſte. Man muß dabey blos bemerken, daß bey dem Mikroſkope dieſes Mikrometer blos die Dezimaldimenſionen (Linien- Dimenſionen) des Gegenſtandes miſſet, und daß der Werth ſeiner Abtheilungen dadurch beſtimmt wird, daß man einen Gegenſtand, deſſen Dimenſion bekannt iſt, vor das Mikroſkop bringt und bemerkt, wie viel Abtheilungen des Mikrometers das vergrößerte Bild deſſelben miſſet. Zum Beyſpiele; man lege ein Stück Papier, das genau ein Zehntheil eines Zolles lang iſt, unter das Mikroſkop; findet man nun, daß das vergrößerte Bild deſſelben an dem Mikrometer 50 Abtheilungen miſſet, ſo kann man daraus folgern, daß jede Abtheilung dem 500ſten Theile eines Zolles von dem Gegenſtande gleich iſt, oder beſſer eine ſo groſſe Ausdehnung deſſelben bezeichnet, denn wenn 50 Abtheilungen ein Zehntheil (eine Linie) meſſen, ſo müſſen 500 Theile den ganzen Zoll meſſen und ſo fort.

Das letzte Inſtrument, deſſen ich noch in dieſem Kapitel erwähnen muß, iſt das Photometer oder der Lichtmeſſer. Die Beſtimmung deſſelben iſt, die verſchiedenen Quantitäten oder die verſchiedene Stärke des Lichtes, zum Beyſpiele an einem trüben oder an einem hellen Tage, oder zwiſchen verſchiedenen leuchtenden Körpern zu meſſen. Da aber ein bequemes Inſtrument dieſer Art noch immer ein unerfüllter Wunſch für die Phy-

ſik iſt; ſo will ich nur im Allgemeinen bemerken: daß man verſucht hat, das Verhältniß der Intenſitäten oder der Lichtſtärke zweyer leuchtender Körper dadurch zu meſſen, daß man ſie in verſchiedenen Entfernungen von einem gegebenen Gegenſtande ſo ſtellt, daß derſelbe zwey Schatten von gleicher Dunkelheit wirft; oder, daß man beobachtet, wenn von zwey gleichen Gegenſtänden jeder von einem der leuchtenden Körper eben ſo wie der andere erleuchtet erſcheint, denn dann wird das Verhältniß der Stärke ihres Lichtes dem Verhältniſſe der Quadrate der Entfernungen gleich gerechnet. Zum Beyſpiele: wenn zwey gleiche Gegenſtände gleich ſtark erleuchtet erſcheinen, wenn der eine drey Fuß von einem Talglichte, der andere aber neun Fuß von einem Wachslichte entfernt iſt, ſo zieht man daraus den Schluß: daß die Stärke des Lichtes des Talglichts ſich zu der Stärke des Lichtes der Wachskerze wie 9 zu 81 verhält *).

Man hat auch die Stärke des Lichtes vermittelſt eines äußerſt empfindlichen Thermometers gemeſſen und dieſe Erfindung iſt ſehr artig. *) Sie beruht aber auf der Voransſetzung, daß Licht und Wärme einerley ſeyen, oder daß man ſie doch immer in gleichem Grade zuſammen antreffe, oder daß einerley Lichtquantität auch immer einerley Wärmequantität errege, welches jedoch nicht der Fall iſt.

*) Man ſehe des Grafen Rumford Abhandlung in den philoſophiſchen Transactionen vom Jahre 1794. Art. IX und auch Prieſtley's Geſchichte des Lichtes, der Farben und des Geſichtes. Th. VI. Sekt. VII. — (Das rumford'ſche Photometer beſchreibt auch Hube in dem Unterrichte in der Naturlehre, B. 3. S. 165 der neuen Ausgabe; auch kann man Gehlers phyſikaliſches Wörterbuch hiebey vergleichen.)

**) S. Nicholſon's Journal der Phyſik, Chemie u. ſ. w. B. III. S. 461 und 518.

Achtes Kapitel.

Naturerſcheinungen, das Licht betreffend.

Ich habe dieſes Kapitel der Erklärung ſolcher das Licht betreffender Naturerſcheinungen beſtimmt, deren ich in den vorhergehenden Kapiteln nicht hätte erwähnen können, ohne den Vortrag der allgemeinen Theorie der Optik zu unterbrechen.

Der Regenbogen iſt ohne Widerſpruch die häufigſte, merkwürdigſte und bekannteſte dieſer Erſcheinungen, daher will ich auch von ihm den Anfang machen und zuerſt die beſonderen Umſtände angeben, die ſeine Erſcheinung begleiten und dann die gewöhnliche Erklärung deſſelben, nach der oben beſchriebenen Theorie der Optik, hinzufügen.

Wenn die Sonne an der einen Seite des Beobachters ſteht und auf der anderen Seite ein Regen fällt, ſo ſieht man oft an dem Himmel an der Seite wo es regnet, einen ſchönen farbigen Bogen, den man einen Regenbogen nennt. Oft ſieht man zwey dergleichen Bogen und zwar konzentriſch oder ſo, daß einer innerhalb des anderen ſteht, wie Fig. 10 Taf. XXII.

Die Farben des inneren Bogens E A B F, ſind viel lebhafter als die des äußeren G C D H. Beyde aber zeigen alle prismatiſche Farben und zwar in eben der Ordnung auf einander folgend, wie ſie das prismatiſche Farbenbild darſtellt, nemlich: Roth, Orange, Gelb, Grün, Blau, Indig und Violet; in dem oberen Bogen aber ſtehen ſie in umgekehrter Ordnung. Der untere

Bogen hat nemlich die violette Farbe bey A und die rothe bey B, der obere aber hat die rothe bey C und die violette bey D. Dieſe Farben aber ſpielen ſo in einander, daß kein menſchliches Auge die Grenzen derſelben von einander unterſcheiden kann, und für die meiſten Augen iſt es ſo gar ſchwer, mehr als drey oder vier vorherrſchende oder Hauptfarben zu unterſcheiden.

Newton hat die Breite beyder Bogen und auch die zwiſchen ihnen befindliche Entfernung berechnet, indem er jedoch ſeine Berechnung auf die Vorausſetzung gründet: daß das von der Sonne kommende und den Bogen in den Regentropfen bildende Licht, von einem einzelnen Punkte, nemlich von dem Mittelpunkte der Sonne komme. Das Reſultat dieſer Berechnung iſt: daß die Breite des inneren oder unteren Bogens mit dem Auge des Beobachters einen Winkel von 1°, 45′ die Breite des äußeren aber, der viel breiter iſt, einen Winkel von 3°, 10′ und die Entfernung zwiſchen den beyden Bogen, einen Winkel von 8°, 55′ mache. Da aber die Sonne kein Punkt iſt und da das Licht von allen Theilen ihrer Oberfläche, deren Durchmeſſer einen Winkel von ohngefähr einem halben Grad macht, ausgeht, ſo ſind die Breiten der Bogen größer und die Entfernung zwiſchen ihnen geringer als ſie das obige Reſultat angiebt. Eine wirkliche Meſſung vermittelſt eines Quadranten zeigt, wenn die Farben lebhaft ſind, allemal, daß die Breiten des unteren Bogens einen Winkel von 2°, 15′ die Breite des oberen einen Winkel von 30′ 40′ und die Entfernung oder der Raum zwiſchen beyden, einen Winkel von 8°, 25′ machet. Eben ſo macht auch der Halbmeſſer des Kreiſes, von welchem der innere Theil des unteren Bogens ein Bogen iſt, einen Winkel von 42°, 17′, ſo wie der Halbmeſſer des Kreiſes, von welchem der innere Theil des oberen Bogens ein Bogen iſt, einen Winkel von 50°, 42′ macht.

Die Lage der Regenbogen verändert ſich, je nachdem das Auge des Beobachters ſeine Lage verändert: wäre dies nicht, ſo könnten die Breiten ꝛc. der Bogen nicht beſtändig einerley Winkel machen; daher können zwey Perſonen weder ganz beſtimmt einen und denſelben Bogen, noch auch die nemliche Farbe genau auf der nemlichen Stelle ſehen.

Wenn der Beobachter auf einer Ebene ſteht und die Sonne nahe am Horizont iſt, ſo iſt der Regenbogen ein Halbkreis; je nachdem aber die Sonne höher über dem Horizont ſteht, iſt auch der Regenbogen ein kleinerer Theil eines Kreiſes. Der innere oder untere Bogen kann nicht ſichtbar werden, wenn die Höhe der Sonne über 42° beträgt und auch der obere Bogen verſchwindet, ſo bald die Höhe der Sonne mehr als 54° iſt.

Steht der Beobachter auf einer Höhe und die Sonne iſt nahe am Horizont, ſo kann der Regenbogen größer ſeyn, als ein Halbkreis und ſteht der Beobachter ſehr hoch, und es regnet in ſeiner Nähe, ſo kann der Regenbogen einen vollkommenen Kreis bilden, denn in allen Fällen müſſen ſich der Mittelpunkt des Bogens, der Beobachter und die Sonne in einerley gerader Linie befinden, welche die Geſichtslinie genannt wird.

Zuweilen iſt der Regenbogen vollkommen von einem Theile der Erde an bis zu dem anderen; zuweilen aber iſt er auch entweder in der Mitte oder an irgend einem andern Theile unterbrochen. Das letztere iſt der Fall, wenn der Regen nicht allgemein iſt, weil eben in den Regentropfen die Bogen gebildet werden, oder durch ſie das Licht in ſeine farbigen Strahlen zerſtreut wird. Indeſſen können doch auch dergleichen Unterbrechungen, durch darzwiſchen getretene Wolken ꝛc. verurſacht werden.

Es machen auch die verſchiedenen Entfernungen des Regens, ſo wie der Wind, der den Regen nach einer

ſchiefen Richtung treibt, daß der Regenbogen zuweilen gebogen, ja ſelbſt in einer ovalen Geſtalt erſcheint.

Die gewöhnliche Art die Entſtehung des Regenbogens oder die Farbenzerſtreuung des weißen Lichtes in den Regentropfen zu erklären, iſt folgende:

Man laſſe s t D, Fig. 11 Taf. XXII. einen Regentropfen in einer Wolke vorſtellen und S s einen auf denſelben fallenden Sonnenſtrahl; ſo wird dieſer Strahl, wegen der brechenden Kraft des Waſſers, gegen F nicht gerade fortgehen, ſondern ſo gegen die Perpendikulare s C gebogen werden, daß er bey t auf die Oberfläche des Tropfens ſtößt. An dieſer Stelle nun geht ein Theil des Lichtes durch den Tropfen in die Luft, ein anderer Theil aber wird zurückgeworfen, indem er den Zurückwerfungswinkel dem Einfallswinkel gleich macht, und wird, wenn er bey e aus dem Waſſer in die Luft kömmt, gebrochen, das heißt: von der geraden Richtung e f ſo abgebogen, daß er den Winkel p e O mit der Senkrechten C p, größer macht, als den Winkel C e t. Kurz, der Lichtſtrahl S s wird, indem er in den Tropfen fällt und wieder herausgeht, zweymal gebrochen, nemlich bey s und e und einmal zurückgeworfen, nemlich bey t. Berechnet man nun nach der S. 190 angegebenen Methode, die Richtungen, die er an dieſen Stellen nehmen muß, ſo wird man finden, daß der Winkel S F O 42°, 2′ hat.

Durch dieſe Brechungen wird das Licht in die prismatiſchen Farben O e B zerſtreut, indem das rothe Licht, als dasjenige was die geringſte Brechbarkeit hat, bey e O und das Violette bey e B iſt, daher wird ein bey O befindliches Auge bey e ein rothes Licht wahrnehmen. Wird aber das Auge allmählig höher gebracht, ſo ſieht es zunächſt der rothen die orange, dann die gelbe, dann die grüne und endlich zuletzt die violette Farbe.

Dies würde nun der Fall ſeyn, wenn nur ein einzelner Regentropfen in der Wolke wäre und in derſelben unbeweglich bliebe; allein es iſt leicht einzuſehen, daß, wenn das Auge des Beobachters unbeweglich bleibt und der Tropfen nach und nach von C zu E fällt, dann das Auge ebenfalls nach und nach alle die Farben von der rothen bis zu der violetten ſehen müße, und da nun bey einem Regen ſich zu eben und derſelben Zeit zwiſchen C und E eine ungeheuere Menge Tropfen befinden, ſo bekömmt das Auge zu gleicher Zeit das rothe Licht von den Tropfen bey C oder nahe dabey, das orange Licht von den Tropfen, die ein wenig tiefer ſind, das gelbe von denen, die noch tiefer ſind u. ſ. w. und zuletzt das violette von den niedrigſten bey E. Daher iſt das violette Licht, das man in der Richtung O E ſieht, die unterſte Farbe des erſten Regenbogens, ſo wie das rothe, welches man in der Richtung Oe ſieht, die oberſte iſt.

Da der einfallende und der gebrochene Strahl, um eine beſtimmte Farbe zu geben, einen gegebenen Winkel, wie S F O machen müſſen, ſo folgt daher, daß der Regenbogen der Bogen eines Kreiſes, oder beſſer: die Baſis eines Kegels ſeyn muß, deſſen Axe, (das heißt: deſſen Geſichtslinie,) durch das Auge des Beobachters und durch die Sonne, welche den Scheitelpunkt des Kegels bildet, gehen muß, denn in dieſem Falle bilden blos gerade von irgend einem Punkte des Regenbogens auf die Sonne und auf das Auge des Beobachters gezogene Linien, den nemlichen erforderlichen Winkel. Daraus ſieht man alſo, warum, wenn die Geſichtslinie auf dem Horizont iſt, der Bogen ein Halbkreis ſeyn muß, und auch warum er kleiner als ein Halbkreis ſeyn muß, wenn die Geſichtslinie von der Sonne abwärts geneigt iſt u. ſ. w.

Da ich oben von einem einfallenden Strahle, oder von dem Lichtſtrahle S s geſprochen habe, ſo iſt es vielleicht um der Deutlichkeit willen nöthig zu bemerken, daß dies nicht das einzige Licht iſt, das von der Sonne auf den Tropfen s t D fällt, indem wirklich unzählige Strahlen auf die Oberfläche deſſelben fallen; allein, da ſie verſchieden geneigt fallen, ſo können nicht alle ihre wieder herausfallenden Strahlen, zu dem nemlichen Auge kommen, daher hab' ich auch blos desjenigen Lichtes erwähnt, welches, indem es in der Richtung S s auf den Tropfen ſtößt, (nachdem es zweymal, nemlich bey s und e gebrochen und einmal bey t zurückgeworfen worden,) zu dem Auge bey O kommen kann.

Indeſſen gibt es auch noch einen anderen Theil des auf einen Regentropfen einfallenden Lichtes, der nachdem er zweymal gebrochen und auch zweymal zurückgeworfen worden, zu dem nemlichen Auge, wenn es ſich nemlich in einer gehörigen oder zweckmäßigen Entfernung befindet, kommen kann, und dies iſt das Licht, welches den zweyten oder den äußeren Regenbogen erzeuget.

Man laſſe bey der nemlichen Figur d G s einen Regentropfen ſeyn, der höher iſt als der Tropfen s t D, und Y s ſey ein Lichtſtrahl, der bey s in denſelben dringt und ſtatt gerade nach a zu fortzugehen, gegen die Senkrechte s C gebrochen wird, ſo wird er dann theils von d nach e und wieder von e nach g zurückgeworfen, indem er ſowohl bey d als auch e die reſpektiven Reflexionswinkel den Einfallswinkeln gleich macht. Zuletzt wird dieſer Strahl, indem er bey g aus dem Tropfen heraus geht, von der Senkrechten q C gebrochen und in den farbigen Ausſchnitt B g O zerſtreut, der die violette Farbe, welche am ſtärkſten gebrochen wird, am nächſten bey B g hat, und die rothe, welche die ſchwächſte Brechbarkeit beſitzt, bey g O, ſo daß die Farben des oberen Regenbogens in einer Ordnung auf

einander folgen, die der Ordnung der Farben des unteren entgegengeſetzt iſt. Wenn man nun die Veränderungen der Richtung, die an den beyden Stellen der Brechung s, g, und an den beyden Stellen der Zurückwerfung d, e ſtatt hat, berechnet, ſo wird man finden, daß der ausfallende rothe Strahl g O, mit dem einfallenden Strahle Y h einen Winkel O h Y von 50°, 57′ macht.

Weil das Licht in dem Tropfen G d s einmal mehr zurückgeworfen wird und auch länger in demſelben verweilet, als in dem Tropfen s t D, ſo iſt der Zerſtreuungswinkel B g o größer als der Zerſtreuungswinkel O e B und daher der obere Regenbogen breiter als der untere, dargegen ſind die Farben deſſelben nicht ſo lebhaft, als die des untern.

Es würde überflüſſig ſeyn, das was oben zur Erklärung der Geſtalt, der Größe u. ſ. w. des unteren Regenbogens iſt geſagt worden, hier zu wiederholen, da ſich jene Erklärung mit wenigen, ſich leicht ergebenden Veränderungen, auch auf den oberen anwenden läßt.

Auch das Mondenlicht kann aus eben den Urſachen einen Regenbogen bewirken; allein die Farben eines ſolchen ſind, wie ſich natürlich erwarten läßt, bey weitem nicht ſo lebhaft als die des Sonnenregenbogens.*)

Einen ſolchen farbigen Bogen ſieht man auch nicht ſelten in dem Schaume oder in den Waſſertropfen, die der Wind von den Spitzen der Wellen des Meeres hinwegführt oder umherſtreut, die Farben dieſes Bogens aber, ſind nicht ſo lebhaft als die eines gewöhnlichen Regenbogens; die lebhafteſte iſt eine gelbe, die nächſte an der Sonne, und eine grüne zunächſt an dem Meere. Dieſe Bogen, deren man oft ſehr viele zu gleicher Zeit

*) Ueber einen merkwürdigen Mondregenbogen ſehe man die philoſophiſchen Transactionen Num. 331 nach.

ſieht, haben eine der des gewöhnlichen Regenbogens entgegengeſetzte Richtung oder Stellung, indem der bogigte Theil deſſelben nach dem Meere zu, die Schenkel aber aufwärts gerichtet ſind.

Auch erſcheint ein farbiger Bogen in dem zerſtreuten Waſſer des Waſſerſtrahles eines Springbrunnens, eines Waßerfalles u. d. gl. m. wenn der Zuſchauer und die Sonne ſich in der dazu nöthigen Richtung befinden.

Zuweilen entſteht auch ein farbiger Bogen durch die Brechung der Sonnenſtrahlen in den Thautropfen auf dem Graſe und zwar ſo, daß der konkave oder erhabene Theil deſſelben gegen den Beobachter gerichtet iſt.

Kurz, man ſieht allemal einen nach Beſchaffenheit der Umſtände größern oder kleinern, lebhafteren oder ſchwächeren farbigen Bogen, wenn die Waſſertropfen, die Sonne und der Beobachter die dazu erforderliche Richtung und Lage gegen einander haben. Ja man kann ihn ſehen, wenn man mit dem Rücken der Sonne zugekehrt, Waſſer mit Heftigkeit und auseinander geſtreut aus dem Munde bläßt. Die beſte Art aber, den Regenbogen nachzumachen iſt die, daß man eine gewiſſe Anzahl kleiner maſſiver oder auch hohler und mit Waſſer angefüllter Glaskugeln auf einem dunkeln Brete befeſtigt und es dann mit der gehörigen Neigung, die leicht zu finden iſt, wenn man den Rücken der Sonne zukehrt und nach dem Brete ſieht, der Einwirkung der Sonne ausſetzt.*)

---

*) Man vergleiche hiebey: Hubes Unterricht in der Naturlehre. B. III. vom eilften bis zum ſieben und zwanzigſten Briefe; auch Gehlers phyſikaliſches Wörterbuch unter dem Art. Regenbogen.

Eine andere Art der leuchtenden Erſcheinungen, die unter dem Namen der Höfe oder Kronen bekannt iſt, kann man auch oft an dem Himmel beobachten. Es ſind dies nehmlich die kreisförmigen Streifen von einem blaßen, meiſtens weiſſen, zuweilen aber auch bunt gefärbten Lichte, die um die Sonne, den Mond und ſelbſt um einige ſehr glänzende Sterne oder Planeten, als um ihren Mittelpunkt, rings umher gehen. Ein ſolcher Hof iſt zuweilen dicht an dem leuchtenden Körper. — „Diejenigen die man um den Sirius und den Jupiter „geſehen hat, hatten nie mehr als 3, 4 oder 5 Grade „im Durchmeſſer, und eben ſo beträgt auch der Durch„meſſer der Mond-Höfe zuweilen nicht mehr als drey „oder fünf Grade. Allein ſowohl dieſe Höfe als auch „diejenigen, welche die Sonne umgeben, haben eine ſehr „verſchiedene Größe, nehmlich man findet ſie von 12°, „bis zu 90°' und auch noch drüber. Auch ändern ſich „ihre Durchmeßer zuweilen ſelbſt während man ſie beo„bachtet und auch die Breite ſowohl der farbigen als „auch der weißen Kreiſe, iſt ſehr verſchieden — man „findet ſie nemlich von 2, 4 oder 7 Graden.

„Die Farben der Höfe ſind ſchwächer oder mat„ter als die Farben des Regenbogens, auch iſt die „Ordnung, in der ſie auf einander folgen, nach Be„ſchaffenheit der Größe der Höfe verſchieden *).

*) „Bey denen Höfen, die Newton 1692 beobachtete, ſtanden die Farben, von innen aus gerechnet, in der folgenden Ordnung: die innerſten Farben waren die blaue, die weiße und rothe; in der Mitte waren purpur, blau, grün, gelb und blaßroth; die äußerſten waren blaßblau und blaßroth. Huygens beobachtete die rothe Farbe zunächſt an der Sonne und die blaßblaue als die äußerſte. Zuweilen ſind ſie an der innern Seite roth und an der äußeren weiß. Weidler beobachtete einen, der an der inneren Seite gelb und an der äußern weiß war. In Frankreich wurde im Jahr 1683 einer beobachtet, der in der Mitte weiß war,

„Man kann dergleichen Kronen auch dadurch her„vorbringen, daß man bey kalter Witterung ein bren„nendes Licht in Dampf ſtellt.

Ueber die wahren Urſachen dieſer Höfe oder Kronen ſind die Meinungen der Phyſiker getheilt. Allein ob ſie der Brechung oder der Zurückwerfung, oder der Beugung des Lichtes, oder dieſen Urſachen zuſammen genommen, und wenn das iſt, in welchem Verhältniſſe ſie ihnen müßen zugeſchrieben werden, iſt noch nicht befriedigend erklärt und beſtimmt worden. *) Soviel iſt indes gewiß, daß ſie in ſolchen Zuſammenhäufungen von Dünſten entſtehen, die nicht ſchwer genug ſind in der Form von Tropfen nieder zu fallen. **)

Mehrere Schriftſteller gedenken auch der Nebenſonnen (Parhelii und der Nebenmonden Paraſelenae †).

dann folgte ein rother, auf dieſen ein blauer, dann ein grüner und am äußerſten Rande ein glänzend rother Streifen. Im Jahre 1728 wurde einer beobachtet, der auswärts blaßroth war, auf welche Farbe die gelbe und auf dieſe die grüne und endlich auf dieſe die weiße folgte." Man ſehe Prieſtley's Geſchichte des Geſichtes, des Lichtes und der Farben. Th. VI. Sekt. XI.

*) Die verſchiedenen Meinungen darüber hat Prieſtley in dem angezogenen Werke geſammelt. Man ſehe auch die anonyme Abhandlung: Nachricht von Kronen u. ſ. w. London 1799. (Auch Gehler und Hube).

**) Deskartes bemerkt, daß man nie Höfe ſieht, wenn es regnet. Dioptrik S. 230.

†) Als: Ariſtoteles, Plinius, Gaſſendi, De la Hire, Kaſſini, Deskartes, Newton, Grey, Halley u. a. m. Eine gedrängte Ueberſicht ihrer Beobachtungen und Meynungen über die Bildung dieſer Phänomene findet man in Prieſtley's Geſchichte des Lichtes, des Geſichtes und der Farben. Th. VI. Sekt. XI. aus welcher oben ſtehende Stelle genommen iſt.

„Die ſcheinbare Größe der Nebenſonnen iſt der der wirklichen Sonne gleich, aber ſie ſind nicht immer rund, auch nicht allemal ſo glänzend als die wirkliche Sonne, ob man gleich verſichern will, daß es zuweilen doch dergleichen gegeben habe. Wenn mehrere derſelben zugleich erſcheinen, ſo ſind einige nicht ſo glänzend als die andern. Aeußerlich ſind ſie farbig, wie der Regenbogen und manche haben einen langen feurigen Schweif, der gegen die Sonne gerichtet und an ſeinem Ende blaſſer iſt. Halley beobachtete eine die auf beyden Seiten Schweife hatte und eine dergleichen beobachtete auch Muſchenbroek im Jahr 1753, deren Schweife in einer durch beyde Sonnen gezogenen geraden Linie ſtanden. Beyde Sonnen hatten auch farbige Kreiſe. Weilder ſah eine Nebenſonne, die einen aufwärts und einen abwärts gehenden Schweif hatte, die ein wenig gekrümmt waren; der äußere Rand von der Sonne aus gerechnet, hatte eine Purpurfarbe und auf der anderen Seite war er mit den Farben des Regenbogens ſchattirt. Die Schweife der Nebenſonnen erſcheinen meiſtens in einem weißen horizontalen Kreiſe.“

„Die Nebenſonnen ſind gewöhnlich von Kronen begleitet, die zuweilen die Farben des Regenbogens haben, zuweilen aber auch weiß ſind. Sie ſind in Anſehung der Zahl und der Größe verſchieden, haben aber alle einerley Breite, die der Breite des ſcheinbaren Durchmeſſers der Sonne gleich iſt.“

„Durch alle die Nebenſonnen geht gewöhnlich ein ſehr breiter, mit dem Horizonte paralleler weißer Kreis, der, wenn er ganz wäre, durch den Mittelpunkt der Sonne gehen würde. Zuweilen ſind in dieſem Kreiſe Bogen von kleinern konzentriſchen Kreiſen befindlich, welche jene farbigen, die Sonne umgebenden Kreiſe berühren. Auch ſie ſind mit Farben ſchattirt und enthalten andere Nebenſonnen.“

Von dem Nordlichte wird in dem zweyten Abſchnitte, der von der Elektrizität handelt, mehr geſagt werden; aber hier muß ich doch bemerken, daß man zwar nicht oft, aber doch zuweilen ein blaßes weißes Licht, von größerer oder kleinerer Ausdehnung an dem Himmel bemerkt, deſſen Urſache unbekannt iſt. Es unterſcheidet ſich von dem Nordlichte hauptſächlich dadurch, daß es unbeweglich und gleichförmig iſt, da das Nordlicht flackernd und veränderlich iſt, auch iſt es dichter als das Nordlicht, denn es verdunkelt gewöhnlich die Sterne, über die es gehet. Eine merkwürdige Erſcheinung dieſer Art wurde in der Nacht des ſieben und zwanzigſten Märzes des Jahres 1781 in London beobachtet *).

Das Zodiakallicht, oder Thierkreislicht iſt eine Art von weißer oder heller Pyramide, in welcher Geſtalt man es zuweilen nach Sonnenuntergang oder vor Sonnenaufgang, über dem Horizont wahrnimmt. Seine weiße Farbe iſt der der Milchſtraße nicht unähnlich. Die Baſis deſſelben iſt gegen die Sonne gerichtet und ſeine Ausdehnung iſt in der Ebene des Thierkreiſes. Kaſſini ſcheint es 1683 zuerſt bemerkt zu haben. (Er nannte es Thierkreislicht, weil er es einigemal nahe beym Thierkreiſe am Himmel ſah). Unter der heißen Zone ſieht man es oft oder faſt beſtändig. Unter oder bey unſerer Breite, kann man es zur Zeit der Tag und Nachtgleichen wahrnehmen. Die Breite ſeiner weiſſen Farbe iſt verſchieden und bey dem Horizont geht ſie von 8° bis zu 30°. Seine Ausdehnung von der Sonne an bis zu ſeiner Spitze beträgt gewöhnlich mehr als 45°. Pingre ſah es, als er ſich in der heißen Zone befand, von 120 Graden.

*) Man ſehe darüber den 71 Band der philoſophiſchen Transaktionen unter dem XVI. Artikel.

„Zu unſerer Zeit, ſagt Lalande, ſcheint man allgemein angenommen zu haben, daß das Zodiakallicht die Atmosphäre der Sonne ſey, weil es dieſelbe beſtändig begleitet und der Aequator der Sonne in der Richtung des Thierkreislichtes iſt. Es iſt alſo aller Wahrſcheinlichkeit nach eine Atmosphäre, die ſich um die Sonne her in der Richtung ihres Aequators verbreitet und durch die kreisförmige Bewegung derſelben abgeplattet wird †).“

Man findet in verſchiedenen Schriften Nachrichten von eigenen leuchtenden Erſcheinungen, die man an beſonderen Orten ſieht und die ihren Grund offenbar in gewiſſen eigenthümlichen Lagen von Bergen, Häußern, Flüſſen und anderen Gegenſtänden haben. Keine von allen aber ſcheint merkwürdiger und in Bezug auf ihre Entſtehungsart unerklärlicher zu ſeyn, als die berühmte Fata Morgana, eine Erſcheinung, die man oft nicht weit von Reggio, einer Stadt an der neapolitaniſchen Küſte, Sizilien gegenüber, beobachtet.

„Wenn, — ſo erzählt Minaſi, — wenn die aufgehende Sonne von dem Punkte aus ſcheinet, von welchem aus ihr einfallender Strahl auf dem Meere von Reggio einen Winkel von ohngefähr 45 Graden macht, und das Waſſer in der Bay weder durch den Wind noch durch den Strohm unruhig gemacht wird, ſo ſieht ein an einem erhabenen Orte der Stadt ſich befindender, mit dem Geſichte nach der See und mit dem Rücken nach der Sonne ſtehender Beobachter, in dem Waſſer plötzlich, wie auf einem katoptriſchen Theater, mannich-

†) S. deſſen Aſtronomie. Paris 1771 §. 845 bis 849.

faltige Gegenſtände, als unzählige Reihen von Pfeilern, Bogen, gut dargeſtellten Schlöſſern, regelmäßigen Säulen, hohe Thürme, prächtige Palläſte mit Balkonen und Fenſtern, große Baumalleen, angenehme Wieſen mit Schaaf und Rinderheerden bedeckt, Armeen von Menſchen zu Fuß und zu Pferde und viele andere außerordentliche Bilder mit ihren natürlichen Farben und den ihnen angemeſſenen Handlungen, ſchnell der Reihe nach während der kurzen Periode, in welcher die oben erwähnten Urſachen wirken, längs der Oberfläche des Meeres vor ſich vorübergehen."

„Kömmt nun dazu etwa noch der Umſtand, daß die Atmosphäre ſtark mit dichten Ausdünſtungen, die noch nicht durch den Wind oder die Wellen zerſtreut oder von der Sonne verdünnt worden, geſchwängert iſt, ſo ſieht der Beobachter in dieſen Ausdünſtungen, wie auf einem längs dem Kanale hin ohngefähr dreyßig Palmen (eine Palme iſt der vierte Theil eines engliſchen Fußes) hohen und beynahe bis zum Meere hinabreichenden ausgeſpannten Vorhange, die oben beſchriebene Bilderreihe nicht nur von der Oberfläche des Meeres zurückgeworfen, ſondern auch in der Luft, obgleich die in der Luft nicht ſo deutlich und gut umſchrieben, als die im Meere."

„Und iſt endlich die Luft ein wenig nebligt und undurchſichtig und zugleich auch feucht und ſo beſchaffen, daß ein Regenbogen könnte gebildet werden, ſo zeigen ſich jene Gegenſtände blos auf der Oberfläche des Meeres, wie in dem erſten Falle, alle aber lebhaft gefärbt und mit rothen, grünen, blauen und anderen prismatiſchen Farben beſäumt *)."

*) Erſte Abhandlung über eine Lufterſcheinung, die man gewöhnlich Fata Morgana nennt. Von P. Antonio Minaſi. Rom 1773.

Dieſe Erſcheinung iſt von verſchiedenen Schriftſtellern mit einiger Verſchiedenheit in Anſehung der Umſtände erzählt und auch verſchieden erklärt worden. So viel ſcheint aus dem Ganzen hervorzugehen, daß die Erſcheinungen von Häußern, Bäumen u. ſ. w. blos zurückgeworfene Bilder von den Gegenſtänden der Stadt Reggio und der Küſte ſind. Sie ſcheinen von der Oberfläche des Meeres und von der Oberfläche der, in der Luft nahe an der See befindlichen, dichten Dünſte oder Wolken zurückgeworfen zu werden, ſo daß ſie nach Maaßgabe der verſchiedenen Geſtalten und der Anzahl der zurückwerfenden Oberflächen, vervielfältiget, vergrößert, verkehrt, verlängert oder auf andere Art verzerrt werden. Die genaue Erklärung dieſer Erſcheinung bleibt noch den künftigen Forſchungen ſcharfſinniger Beobachter vorbehalten †).

Ich ſchließe nun dieſes Kapitel mit einer kurzen Nachricht von phosphorescirenden Körpern, *) zu denen ich auch die Irrlichter zähle.

Die Benennung Phosphor iſt in neueren Zeiten einem beſonderen einfachen Grundſtoffe beygelegt worden, deſſen ich bereits in dem erſten Theile dieſes Handbuchs der Experimental-Naturlehre erwähnt habe. Im weitläuftigeren Sinne aber genommen, verſteht man unter dieſer Benennung jede Subſtanz, die im Dunkeln leuchtet, ohne doch eine fühlbare Wärme zu erzeugen.

†) Man ſehe auch Gilberts Annal. der Phyſik B. XI. S. 65 und 456 XII. 1 ff.

*) Sie werden auch Lichtſauger und Lichtmagnete genannt. A. d. Ueb.

Man kann die phoſphoreſcirenden oder leuchtenden Körper in fünf Arten eintheilen; ſie ſind folgende:

I.

Lebendige Thiere, welche die Eigenſchaft haben, im Dunkeln zu glänzen oder zu leuchten, dergleichen die ſo genannten Johanniswürmer, die Laternenträger u. ſ. w. ſind; es ſcheint verſchiedene Gattungen derſelben zu geben, von dem Mechanismus aber, der das Licht bey ihnen hervorbringt, iſt nichts Zuverläſſiges bekannt. In England geben einige derſelben, ſelbſt in ihrem beſten Zuſtande, blos ſo viel Licht, daß man dabey erkennen kann, auf welcher Stunde der Zeiger einer Uhr, die ein helles Zifferblatt hat, ſteht. Unter wärmeren Himmelsſtrichen aber iſt ihr Licht viel ſtärker. Wenn ſie todt ſind, hören ſie gewöhnlich auf zu leuchten, ſo lange ſie aber leben, können ſie nach Gefallen glänzen oder nicht.

II.

Körper, welche Licht einſchlucken und es dann im Dunkeln frey laſſen.

Es giebt ſehr viele Subſtanzen, welche die Eigenſchaft beſitzen, eine gewiſſe Zeit lang im Dunkeln zu leuchten, wenn ſie vorher dem Lichte ausgeſetzt worden, indeſſen leuchten ſie nicht alle gleich ſtark und nicht gleich lang. Verſchiedene Edelſteine und kalkigte Körper haben, die letzteren beſonders nach dem Kalciniren, ebenfalls dieſe Eigenſchaft, und auch das Papier und faſt alle vegetabiliſche und thieriſche Subſtanzen, wenn ſie ſehr trocken ſind, oder nachdem man Salpeterſäure darüber abgezogen hat. Metalliſche Subſtanzen aber und Waſſer beſitzen ſie nicht, wohl aber gefrornes Waſſer

oder Eis und beſonders Schnee in einem beträchtlichen Grade *).

Eben dies iſt beſonders der Fall mit dem bononiſchen Steine, wenn er gehörig präparirt worden. Man findet dieſe Steine hauptſächlich in der Gegend von Bologna. Dieſer Stein iſt ein grauer Schwerſpath, der zu dem Geſchlechte der Baryte gehört, und eigentlich Baraſelenit und wegen ſeiner Schwere metalliſcher Marmor (marmor metallicum) genannt wird.

Wenn dieſer Stein, nachdem er gehörig zwiſchen Kohlen ausgeglühet worden iſt, dem Tageslichte ausgeſetzt und dann in ein dunkles Zimmer gebracht wird, ſo wird er mit einem dunkelrothen Lichte ſcheinen, oder wie glühende Kohlen ausſehen. Dieſes Leuchten dauert wenige Minuten, dann nimmt es nach und nach ab und hört endlich ganz auf. Setzt man darauf den Stein abermals einige Sekunden lang dem Tageslichte aus, ſo erneuert ſich ſeine Eigenſchaft zu leuchten und dies kann man ſo oft wiederhohlen als man Luſt hat. Er wird auch dann leuchtend, wenn man ihn einem brennenden Lichte ausgeſetzt hat.

Der Rückſtand der Deſtillation von Kalk und ſalpetrigter Säure hat ebenfalls dieſe Eigenſchaft zu leuchten, nur nicht in einem ſo hohen Grade wie der bononiſche Stein. Man nennt dieſen Rückſtand, nach ſeinem Erfinder: den balduiniſchen Phosphor.

Es haben auch noch verſchiedene andere Zubereitungen oder Präparata die Eigenſchaft Licht einzuſchlucken

*) Man ſehe Bekkari's Verſuche in den Commentariis Bononienſ. Vol. V. Pag. 106.

und daſſelbe im Dunkeln wieder frey zu laſſen, indeſſen beſitzt ſie doch keine in ſo vorzüglichem Grade, als der kürzlich von Canton erfundene Phosphor, der auf folgende Art bereitet wird:

„Man brennt gemeine Auſterſchaalen,“ (wenn ſie alt und ſchon halb durch die Zeit verwittert ſind, wie man ſie an dem Meerufer findet, ſind ſie deſto beſſer dazu,) „in einem ſtarken Kohlfeuer eine halbe Stunde lang zu Kalk, von dem dann der reinſte Theil gepülvert und durchgeſiebt wird. Mit drey Theilen von dieſem Pulver vermiſcht man einen Theil Schwefelblumen und ſtampft dieſe Miſchung in einem Schmelztiegel, der ohngefähr anderthalb Zoll tief iſt, feſt, indem man ſo lange immer einen neuen Zuſatz davon macht, bis der Tiegel faſt ganz damit angefüllt iſt. Dann wird dieſer in die Mitte des Feuers geſetzt und wenigſtens eine Stunde lang rothglühend erhalten, worauf er herausgenommen und zum Abkühlen bey Seite geſetzt wird. Wenn die Maſſe kalt iſt, nimmt man ſie aus dem Schmelztiegel heraus und ſchneidet oder bricht ſie in Stücken, von denen man die glänzendſten Theile abſchabt, die, wenn der Phosphor gut iſt, ein weißes Pulver geben müſſen, das man dann in einer trocknen Glasphiole mit eingeſchliffenem Stöpſel aufbewahrt *).“

Bleibt dieſer Phosphor immer im Dunkeln, ſo leuchtet er nicht; wird er aber dem Tageslichte, oder einem anderen ſtarkleuchtenden Körper ausgeſetzt und dann an einen dunkeln Ort gebracht, ſo leuchtet er ziemlich lange, das heißt: einige Minuten. Sein Licht iſt weiß und hat eine blaue oder grüne Schattirung.

*) Philoſophiſche Transaktionen: B. 58. S. 337.

Wenn ein wenig von dieſem Phosphor außen vor einem Fenſter einige Minuten lang dem gewöhnlichen Tageslichte ausgeſetzt und unmittelbar darauf in ein dunkles Gemach gebracht wird, ſo leuchtet er, wenn das Auge des Beobachters vorher zwey bis drey Minuten im Dunkeln oder geſchloſſen geweſen, ſo ſtark, daß man die Stunde an der Uhr bey ſeinem Lichte erkennen kann.

Man hat hiebey die Frage aufgeworfen: ob Phosphorusarten dadurch leuchten, daß ſie das zuvor eingeſaugte Licht wiedergeben oder frey laſſen, oder dadurch, daß ſie ihr eigenes Licht ausſtröhmen, das durch das fremde Licht erſt gleichſam angezündet worden? Obgleich die erſtere Meynung bey weitem die wahrſcheinlichſte iſt, ſo iſt doch die Frage noch nicht ganz befriedigend entſchieden.

Um über dieſen Punkt mehr Aufſchluß zu bekommen, haben mehrere ſcharfſinnige Männer den Verſuch gemacht, dieſe Phosphorusarten (oder Lichtſauger) durch farbiges Licht, zum Beyſpiele, durch rothes, grünes, blaues oder gelbes zu erleuchten, allein ihre Reſultate ſind nicht übereinſtimmend. Algarotti erleuchtete den bononiſchen Phosphor durch mehrere Arten des farbigen Lichtes vermittelſt eines Prisma, allein er wurde überhaupt nur ſchwach dadurch erleuchtet und von einem Unterſchiede der Farben, war durchaus nichts dabey zu bemerken *).

Bekkari in Turin beobachtete, daß Stücken von künſtlichem Phosphor, der viel ſtärker war als der bononiſche, wenn ſie in Röhren eingeſchloſſen wurden, in welche man das Licht durch Stücken von farbigem Glas

*) Academ. Par. 1730.

fallen ließ, die empfangene einzelne Farbe auch nur wieder gaben. Nachfolgende Beobachter aber haben dieſe Wirkung geläugnet.

Könnte dieſe Frage mit Gewißheit dahin entſchieden werden, daß dieſe Phosphore blos empfangenes Licht wiedergeben, ſo könnte daraus ein Beweis für den Satz hergenommen werden: daß das Licht wirklich materiell und ein Stoff ſey, der von dem leuchtenden Körper ausgeſtröhmt wird, und nicht blos eine Modifikation einer allgemein verbreiteten Flüſſigkeit. Was aber unabhängig von dieſer Frage, hauptſächlich die Materialität des Lichtes zu beweiſen ſcheint, iſt die Veränderung, die das Licht allein bey verſchiedenen Körpern, dergleichen Pflanzen, Silberauflöſungen u. dgl. m. ſind, hervorbringt *).

III.

Zur dritten Art der phosphorescirenden Körper gehören diejenigen, die leuchten, wenn ſie ſind erwärmet worden.

Die beſte Methode, Körper zu dieſem Zwecke in einem dunklen Zimmer zu erhitzen, iſt: „Den Körper zu einem ziemlich feinen Pulver zu zerreiben und dieſes dann in kurzen Zwiſchenräumen auf eine dicke eiſerne Platte, oder auf eine von einer Miſchung von Sand und Thon gemachten gebrannten Platte, welche vorher bis zum ſichtbaren Rothglühen erhitzt und an einen dunkeln Ort gebracht worden, zu ſprengen †).“

*) Man ſehe des Grafen Rumford Abhandlung in den philoſ. Transaktionen für 1798 Art. XX.

†) Man ſehe Wedgwoods Abhandlung in den philoſoph. Transact. für 1792. Art. III. (befindlich in Grens Journal der Phyſik B. VII. S. 54 B. VIII. S. 97).

Eine groſse Menge von Subſtanzen, leuchten wenn ſie auf dieſe Art behandelt werden, zum Beyſpiele: die Fluſsſpatharten, verſchiedene Marmorarten, der Diamant und andere Edelſteine, Kalkerde, metalliſche Subſtanzen, Oele, Wachs, Butter, Papier und verſchiedene andere thieriſche und vegetabiliſche Subſtanzen.

„Die Dauer des auf dieſe Art von verſchiedenen Körpern hervorgebrachten Lichtes, ſagt Wedgwood, iſt ſehr kurz; einige geben nur ein momentanes oder augenblickliches Licht; das von andern dauert einige Minuten und kann dadurch verlängert werden, daſs man das Pulver auf der heiſsen Platte wieder aufrührt. Es erreicht aber bald den höchſten Grad des Leuchtens und verlöſcht dann allmählig. Es zeigt ſich nie blitzartig wie das von zuſammengeſchlagenen Quarzkieſeln hervorgebrachte Licht. Wenn man es anbläſst, verlöſcht es plötzlich, erſcheint aber unmittelbar wieder, ſo bald das Blaſen aufhört.*)

Das Licht der Phosphorarten der erſten drey Claſſen wird ihnen durch die Hitze noch wirkſamer entzogen und iſt die vorher eingeſogene Lichtquantität einmal wieder entwichen, ſo ſcheinen ſie nicht mehr, wenn ſie nicht dem Lichte von neuem ausgeſetzt werden, da die Phosphorarten der dritten Claſſe Licht und Hitze geben, ohne daſs ſie erſt wieder vorher dem äuſsern Lichte müſsten ausgeſetzt werden. Ich muſs jedoch hiebey bemerken, daſs verſchiedene Körper zu beyden Claſſen der Phosphorarten gehören.

*) Eben daſelbſt. (Auch vergleiche man damit: Gehlers phyſikaliſches Wörterbuch, 5ter Theil, oder Supplementband, unter dem Artikel: Phosphor.

IV.

Zur vierten Art der Phosphore gehören diejenigen Subſtanzen, die durch Reiben oder Aneinanderſchlagen entweder ein ganz weißes, oder ein mehr oder weniger ins Rothe oder Blaue ſpielendes Licht geben. Das Licht verbreitet ſich weiter, als über die ſich unmittelbar berührenden Theile und zuweilen geht es über den ganzen Körper.

Die meiſten Kieſelarten, zum Beyſpiele: Quarz, Feuerſteine, Agate u. ſ. w. haben dieſe Eigenſchaft; auch hat ſie das Glas, das Porzellan, ſtarkgebrannte irdene Waaren u. ſ. w.

Dieſes Licht iſt oft mit einem ſchwachen aber ganz eigenen Geruch verbunden. Einige von dieſen Körpern geben während des Reibens dann und wann röthliche lebhafte Lichtfunken von ſich, die während eines Falles von einem, zwey und ſelbſt drey Zollen durch die Luft, fortleuchten.

V.

Die Phosphoren der fünften und letzten Art ſind diejenigen, die leuchten, während ſie ſich in dem Zuſtande einer offenbaren Zerſetzung befinden.

Zu dieſer Art gehören faſt die meiſten thieriſchen Stoffe und einige Subſtanzen aus dem Pflanzenreiche und unter dieſen beſonders faules Holz. Bey einigen ſcheint das Leuchten eine Wirkung der Entwickelung oder Entbindung des eigentlichen Phosphors zu ſeyn, indes wieder bey andern ein bloßes Leuchten hervorgebracht zu werden ſcheint. Aus dem Ganzen überhaupt ergiebt ſich,

daß Licht mit verſchiedenen Körpern und beſonders mit thieriſchen und vegetabiliſchen Subſtanzen, ſich verbindet und einen ihrer Beſtandtheile bildet, und daß es auch wieder, wenn dieſe Subſtanzen in einen Zuſtand der Zerſetzung kommen, von den übrigen Beſtandtheilen derſelben geſchieden wird u. ſ. w. Es ſcheint auch, als ob das Licht entweder ſehr langſam ſich von ihnen trenne, in welchem Fall es nicht bemerkt wird; oder auch ſehr ſchnell, da es denn ſichtbar wird. Bey einigen Körpern iſt es das erſte Produkt der Zerſetzung und früher als ſich andere Spuren der Fäulnis zeigen; bey andern erſcheint es in verſchiedenen Perioden.

Von allen Thieren ſcheint das Geſchlecht der Fiſche das meiſte Licht zu geben und zwar geben ſie die größte Quantität davon vor dem Eintritte der Fäulnis. Dieſe Eigenſchaft der Fiſche iſt faſt allgemein bekannt, die neueſten und unterhaltendſten Verſuche über dieſes Thiergeſchlecht und beſonders den Häring und die Makrele ſind von Doctor Hulme angeſtellt und in den philoſophiſchen Transactionen für das Jahr 1800 im IX Artickel beſchrieben worden, aus welcher Beſchreibung auch das Folgende genommen iſt.

Häringe und Makrelen (und wahrſcheinlich die meiſten andern Fiſcharten) fangen den zweyten Tag nach ihrem Herausnehmen aus dem Waſſer an zu leuchten. So lange ſie vollkommen gut und friſch ſind, nimmt das Licht immer mehr zu, fängt aber an ſchwächer zu werden, wenn ſie anfangen in Fäulnis überzugehen und nimmt in eben dem Verhältniſſe immer mehr ab, in welchem die Fäulnis zunimmt.

Nicht blos die äußere Oberfläche des Körpers leuchtet, ſondern das Licht ſcheint mit ihrer ganzen Sub-

ſtanz verbunden zu ſeyn und einen Theil derſelben aus-zumachen und zwar in eben der Maaße, wie jeder andere Beſtandtheil derſelben, denn wenn ſie in Stücken zerlegt werden, ſo wird die ganze Oberfläche eines jeden der einzelnen Stücken, wenn man ſie an einem dunklen und kühlen Platze aufbewahrt, leuchtend. Beſonders thut dies die Milch des Härings und der Makrele, wel-che ohngefähr in der dritten oder vierten Nacht, wel-ches gewöhnlich die Periode ihres hellesten Lichtes iſt, wie ein vollkommner Lichtkörper erſcheint.

Es ſcheint daher, daß die Zerſetzung der Fiſche ſehr bald anfängt; das Licht aber iſt der erſte Stoff, welcher entweicht und erſcheint lange vorher, ehe ſich noch eine Spur von Fäulnis zeiget.

Mit dieſem Lichte iſt auch nicht der kleinſte, durch das Thermometer beſtimmbare Grad von Wärme ver-bunden.

Dieſer leuchtende Stoff, oder die dickliche Flüſſig-keit, der das Licht einverleibt iſt, kann mit einem Meſ-ſer von der Oberfläche der Fiſche abgeſchabt und in einer Flaſche aufbewahrt werden, wo es nach Beſchaffenheit der Umſtände noch einen oder zwey Tage länger leuch-tet. Es giebt aber auch einige Subſtanzen, die, wenn ſie in einer gewiſſen Proportion mit dieſem leuchtenden Stoffe vermiſcht werden, das Licht verlöſchen, und es iſt höchſt merkwürdig, daß die nemlichen Subſtanzen, wenn ſie nach einer anderen Proportion damit vermiſcht werden, das Leuchten verſtärken und verlängern.

„Die Subſtanzen, welche es vernichten, ſind: rei-nes Waſſer; Waſſer mit ungelöſchtem Kalke geſchwän-gert; Waſſer mit kohlenſtoffſaurem Gas geſchwängert;

Waſſer mit hepatiſchem Gas geſchwängert; gegohrne Liquoren; brennbarer Geiſt, mineraliſche Säuren, ſowohl konzentrirte als verdünnte; Pflanzenſäuren; feuerbeſtändige und flüchtige Alkalien, nachdem ſie in Waſſer aufgelößt worden; Neutralſalze; zum Beyſpiele: geſättigte Auflöſungen von Epſomſalz, von gemeinem Salz, und von Salmiak; Aufgüſſe von Kamillenblumen, von langem Pfeffer und von Kampfer, die mit kochend heißem Waſſer gemacht worden, aber nicht eher als nach dem Erkalten gebraucht werden; reiner Honig, wenn er allein angewendet wird."

Dargegen kann man durch eine ſehr mäßige Solution von einigen der erwähnten Subſtanzen, da man, zum Beyſpiele, ein Drachma Epſomſalz, oder Glauberſalz, oder Rochellerſalz, oder gephosphortes Mineralalkali, oder Salpeter, oder gemeines Salz, oder Honig, oder Zucker in einer Unze Waſſer auflöſet, und es mit dem leuchtenden Stoffe der Fiſche vermiſchet, bewirken, daß er ſtärker und länger leuchtet.

„Zwey Unzen Meerwaſſer, die mit dem Lichte der „Makrele vermiſcht wurden, bekamen, als beides durch„einander gerührt worden, bald eine glänzende Erleuch„tung, und das Meerwaſſer leuchtete mehrere Tage."

Einige der obigen Solutionen werden dadurch ſtärker leuchtend, daß man ſie nach der Vermiſchung mit dem leuchtenden Stoffe einige Zeit ruhig ſtehen läßt und dann einem mäßigen Grade der Wärme ausſetzt. Werden ſie aber ſtärker, nemlich ohngefähr bis zu dem Grade des kochenden Waſſers erhitzt, ſo wird dadurch ihre Fähigkeit zu leuchten gänzlich und auf immer vernichtet.

Die Kälte macht, daß das Licht eine Zeitlang verſchwindet; es kehrt jedoch in ſeinem vollen Glanze zu-

rück, ſobald man die Miſchung einem mäßigen Grade der Wärme ausſetzt.

Wenn man dieſe Miſchungen in Bewegung ſetzt, indem man die Flaſche, in der ſie enthalten ſind, rüttelt oder harte Körper durch dieſelben zieht, ſo werden ſie dadurch ſtärker leuchtend. Dieſer Umſtand erklärt die Urſache des Leuchtens des Meerwaſſers zur Nachtzeit, wenn es von dem Winde in Bewegung geſetzt, oder von den Rudern geſchlagen wird, u. ſ. w. völlig befriedigend.

Durch die Beymiſchung irgend einer der genannten geſättigten Auflöſungen wird das Licht jenes Stoffes nicht völlig zerſtört, ſondern man kann ihm ſeinen vorigen Glanz dadurch wieder geben, daß man die Auflöſung verdünnt. Iſt zum Beyſpiele das Licht durch die Beymiſchung einer geſättigten Salzauflöſung verſchwunden, ſo darf man zu der Miſchung nur mehr Waſſer gießen, daß die Proportion des Salzes vermindert wird, ſo wird das Licht wieder erſcheinen, und ſetzt man hingegen der letzteren Miſchung mehr Salz zu, ſo verſchwindet es wieder und ſo fort.

„Als, ſagt Doctor Hulme, etwas von dem leuchtenden Stoffe einer Makrele in eine Auflöſung von ſieben Drachmen Epſomſalz in einer Unze Waſſer gemiſcht wurde, verſchwand das Licht deſſelben augenblicklich. Eben dieſe Wirkung erfolgte, obgleich in einem geringeren Grade, als man ſich einer Auflöſung von ſechs und von fünf Drachmen bediente. Bey einer Auflöſung von zwey Drachmen in der nemlichen Quantität Waſſer, war die Flüſſigkeit leuchtend, ſie leuchtete aber viel ſtärker, wenn nur ein Drachma Salz hinzukam. Da ich beobachtete, daß ſtärker geſättigte Auflöſungen

das Licht vernichteten, ſchwächere aber leuchteten, ſo ſuchte ich zu entdecken, was im erſteren Falle aus dem verſchwundenen Lichte würde und ob es nicht dadurch wieder hergeſtellt werden könnte, daß man die Auflöſung verdünnte? Ich nahm zu dem Ende eine Auflöſung von ſieben Drachmen Salz in einer Unze Waſſer, in welcher der leuchtende Stoff einer Makrele war verlöſcht worden, und verdünnte ſie mit ſechs Unzen kalten Brunnenwaſſers, worauf zu meinem großen Erſtaunen das Licht augenblicklich hervorbrach und die ganze Flüſſigkeit ſchön erleuchtet wurde, dieſes erneuerte Licht dauerte acht und vierzig Stunden, alſo ſo lang als gewöhnlich anderes Licht, das nicht unterdrückt worden iſt, dauert. Es hatte alſo durch die Unterdrückung nichts von ſeiner leuchtenden Kraft verlohren."

Man hat auch beobachtet, daß zuweilen auch das Fleiſch von Säugethieren leuchtet *). Auch hat man ein dergleichen Licht zuweilen auf Kirchhöfen geſehen, welches eben der Urſache, nemlich der Zerſetzung des thieriſchen Stoffs muß zugeſchrieben werden.

Vegetabiliſche Subſtanzen, die ſich in dem Zuſtande der Zerſetzung befinden und beſonders faules Holz, leuchten auch zuweilen im Dunkeln: unter allen leuchtenden Erſcheinungen aber, die ihren Urſprung in einer Zerſezzung thieriſcher und vegetabiliſcher Stoffe zu haben ſcheinen, iſt keine ſo berüchtigt und doch zugleich auch ſo wenig befriedigend erklärt, ob die der ſogenannten Irrlichter oder Irrwiſche, welche die Unwiſſenheit und Furchtſamkeit ſo oft ſchon in Angſt geſetzt haben.

*) Man ſehe Bartholin de Luce animalium S. 183. Boyles Werke B. III S. 304 Phil. Transact. B. XI. S. 599.

Einige Naturkundiger haben geglaubt, daß die Irrlichter durch leuchtende Inſekten hervorgebracht würden. Newton nennte die Erſcheinung einen leuchtenden Dunſt ohne Wärme, und dies ſcheint die wahrſcheinlichſte Meinung zu ſeyn, beſonders, wenn man als den Grund derſelben die Zerſetzung thieriſcher und vegetabiliſcher Subſtanzen annimmt.

Ohne den Leſer mit Conjekturen darüber aufzuhalten, will ich lieber zwey der glaubwürdigſten Nachrichten von Erſcheinungen dieſer Art, die ich aufgezeichnet gefunden habe, hier noch beyfügen.

Doktor Derham nemlich erzählt, als er einſt in einer dunkeln und ruhigen Nacht in einer ſumpfigen, zwiſchen zwey ſteinigten Hügeln gelegenen Vertiefung ein Irrlicht bemerkt, habe er ſich demſelben allmählig bis auf zwey oder drey Ellen genähert und ſey dadurch in den Stand geſetzt worden, daſſelbe ſehr gut zu beobachten. Es hüpfte um eine faulende Diſtel herum, bis es durch eine ſchwache Bewegung der Luft, die wie er glaubte, durch ſeine Annäherung verurſacht worden, nach einer anderen Stelle getrieben wurde; wenn er ſich ihm näherte, ſo floh es vor ihm. Er war ihm ſo nahe, daß wenn es das Licht eines Johanniswurms geweſen wäre, er die verſchiedenen Lichtarten aus den dieſes beſteht, hätte müſſen unterſcheiden können: es blieb aber immer ein gleichförmiger Lichtkörper. Er konnte es alſo für nichts anders als für einen leuchtenden Dunſt halten *).

Beccari hat ausdrückliche Unterſuchungen über das Irrlicht angeſtellt. Er fand, daß zwey dergleichen,

*) Priſtley's Geſchichte des Geſichts, des Lichts und der Farben, S. 580.

die in den Ebenen von Bologna, von denen die eine der Stadt gegen Norden, die andere aber ihr gegen Oſten liegt, geſehen wurden, faſt in jeder dunklen Nacht erſchienen, beſonders das in der Ebene gegen Oſten, und daß das Licht, das ſie von ſich gaben, dem eines brennenden Reißigbüſchels gleich war. Das in der öſtlichen Ebene erſchien einſt einem ſeiner Bekannten der durch dieſelbe reiſte und begleitete ihn über eine Meile weit, indem es beſtändig vor ihm her gieng und die Straße ſtärker beleuchtete, als die vor ihm hergetragene Fackel. Beccari ſagt, daß alle dieſe leuchtenden Erſcheinungen ſo viel Licht um ſich her verbreiten, daß man dabey alle nahe Gegenſtände ſehen könne, und daß ſie immer in Bewegung ſeyen, die aber veränderlich und unbeſtimmt ſey. Zuweilen lodern ſie auf und zuweilen werden ſie wieder niedriger, gewöhnlich aber ſchwebten ſie ohngefähr ſechs Fuß über den Boden. Oft verſchwanden ſie plötzlich an der einen Stelle, um augenblicklich wieder an einer anderen zu erſcheinen. In Anſehung der Größe und der Geſtalt blieben ſie ſich nicht gleich, indem ſie ſich zuweilen ziemlich weit ausbreiteten und ſich dann wieder zuſammenzogen; zuweilen wogten ſie wie Wellen, und zuweilen fielen ſie wie Tropfen, daß es ſchien als wären es Feuerfunken. Man verſicherte ihn, daß ſie in jeder dunkeln Nacht das ganze Jahr hindurch erſchienen, und daß man ſie noch häufiger bemerke, wenn die Erde mit Schnee bedeckt ſey, als in dem heißeſten Sommer. Schnee und Regen hindern ſie nicht zu erſcheinen, ſondern man finde vielmehr daß ſie zur Regenzeit und bey feuchter Witterung viel häufiger erſchienen und ſtärker leuchteten als bey trockner Witterung. Der Wind ſcheine keinen Einfluß darauf zu haben *).

*) Prieſtley's Geſch. des Geſichts und der Farben etc. u. in den philoſ. Transact. B. 36 S. 204.

Staatliche Bibliothek Bamberg

Nachſtehende Schriften kann man mit Recht empfehlen.

Abhandlung, theoretiſch = praktiſche, über die Geburtshülfe und Krankheiten der Schwangern, Kindbetterinnen und neugebohrnen Kinder. Aus dem Franz. überſetzt. Mit Anmerkungen und einer Vorrede begleitet vom Hrn. Hofr. J. Ch. Stark. 2 Thle. gr. 8. 3 rthlr. 16 gr.

Anti = Reich vom Fieber und deſſen Behandlung überhaupt. 5 gr.

Bernhardi's, Dr. J. J., Handbuch der Botanik, 1ten Theiles 1ter Band. Mit Kupf. gr. 8. 1 rthlr. 16 gr.

Beſchreibung, ausführliche anatomiſche, des menſchlichen Körpers. Zum Gebrauch beym Selbſtſtudium der Anatomie für Aerzte und Wundärzte. 2 Thle. (Knochen = und Muskellehre. Mit Kupf. 8. 3 rthlr.

Braun, Dr. J. A., über den Werth und die Wichtigkeit der weiblichen Brüſte für das Wohl der Menſchheit und die Sorge für die Erhaltung derſelben. 2 Bde mit Kupfer. 8. 3 rthlr.

Cavallo's, Tiberius, ausführliches Handbuch der Experimental=Naturlehre in ihren reinen und angewandten Theilen. Aus dem Engliſchen, mit Anmerkungen von D. Joh. Bartholomä Trommsdorf. 2 Bde. mit 17 Kupfertafeln. Erfurt in der Hennings'ſchen Buchhandlung 1804. 4 rthlr. 12 gr.

Heckers, A. F., Die Kunſt die Krankheiten der Menſchen zu heilen, n. d. neueſten Verbeſſerungen in dem Gebiete der Arzneiwiſſenſchaft. gr. 8. 2 Thle. 6 rthlr. 16 gr.

Deſſen deutliche Anweiſung, die verſchiedenen Arten des Trippers genau zu erkennen und richtig zu behandeln. Zur Empfehlung einer neuen Kurart des gemeinen Trippers, für angehende Aerzte, Wundärzte und in der Arzneiwiſſenſchaft nicht ganz Unkundige. 8. 22 gr.

Deſſen, die Heilkunſt auf ihren Wegen zur Gewißheit, oder die Theorien, Syſteme und Heilmethoden der Aerzte ſeit Hippokrates bis auf unſere Zeiten. gr. 8. 1 rthlr.

Deſſen, die Pocken ſind ausgerottet. Ein Handbuch für Aerzte und Nichtärzte, die die Geſchichte der Kuhpocken in ihrem ganzen Umfange kennen lernen und die Impfung der Schutzblattern, die größte Entdeckung des achtzehnten Jahrhunderts zweckmäßig anwenden und befördern wollen. 2 Hefte. 8. 1 rthlr. 9 gr.

Henry, Dr. W., Chemie für Dilettanten oder Anleitung die wichtigſten chemiſchen Verſuche ohne große Koſten und ohne weitläuftige Apparate anzuſtellen. Nebſt einer Anleitung zur Unterſuchung der Mineralwäſſer, der Mineralien, der Gifte, der pharmaceutiſch = chemiſchen Präparate und den Gebrauch chemiſcher Prüfungsmittel zum Nutzen der Pächter und Landbeſitzer, ſo wie zu verſchiedenen nützlichen Zwecken. Aus dem Engliſchen nach der zweiten Originalausgabe überſetzt und mit Anmerkungen verſehen, von Dr. J. B. Trommsdorf. 8. 1 rthr.

Hirſchfelds. Dr. F. Bemerkungen über die Krankheiten des Zahnfleiſches mit und ohne Entzündung, für Aerzte. gr. 8. 10 gr.
Juch. D. C. W., Ideen zu einer Zoochemie ſyſtematiſch dargeſtellt; mit Zuſätzen und einer Vorrede verſehen von Dr. J. B. Trommsdorf. 1ſter Theil, (welcher eine Betrachtung der inponderabeln Materien enthält.) gr. 8. 1 rthlr.
Lenz, J. G., Mineralogiſches Taſchenbuch für Anfänger und Liebhaber. 2 Bändchen 12. gebunden netto. 1 rthlr. 12 gr.
Meyer, G., die Kunſt ohne alle Anleitung regelmäßig reiten zu lernen und ſeine Pferde ſelbſt zu heilen. Ein nothwendiges Hülfsbuch für Liebhaber der Pferde, für Oekonomen, Offiziere und Reiſende. Mit Kupfern. 8. 16 gr.
Nolde, Dr. A. F., Beobachtungen über die Kuhpocken nebſt einigen Bemerkungen 8. 16 gr.
Deſſen unmaßgebliche Vorſchläge zur Verbeſſerung des Medizinalweſens in Baiern. In einem Sendſchreiben an Hrn. Dr. Hagenmeyer in München 8. 15 gr.
Trommsdorfs, Dr. J. B., prakt. Arzneibuch für Aerzte, Wundärzte und Apotheker. Aus dem Franz. des Bürgers D. J. B. Van Mons, mit vielen Anmerkungen und Zuſätzen vermehrt. 2te mit einem doppelten Regiſter verſehene Ausgabe 8. 1 rthlr. 4 gr.
Deſſen Apothekerſchule, oder Verſuch einer tabell. Darſtellung der geſammten Pharmacie, zum Gebrauch beim Unterricht und zur Vorbereitung für diejenigen, welche ſich einem Examen unterwerfen wollen. Mit 1 Kpf. gr. fol. 1 rthlr.
Deſſen, Nomenclaturtafel nach der neuern preuß. Pharmakopoe, zur leichtern Verwandlung der ältern Namen in die neuern, und umgekehrt. Für die Apotheker und Aerzte der ſämtlichen preußiſchen Staaten. gr. fol. 6 gr.
Deſſen, allgemeine chemiſche Bibliothek des 19ten Jahrhunderts. 8 Stücke. mit Portr. 8. 6 rthlr. 4 gr.
Deſſen, die Chemie im Felde der Erfahrung. 7 Bde. 8. 14 rthr. 4 gr.
Deſſen, Darſtellung der Säuren, Alkalien, Erden und Metalle, ihrer Verbindung zu Salzen und ihrer Wahlverwandtſchaften, in 12 Taf. fol. 1 rthlr. 8 gr.
Deſſen, Gartenbuch für Aerzte und Apotheker. Zum Nutzen u. Vergnügen. Mit 1 Kupf. 8. 1 rthlr.
Deſſen, chemiſches Probierkabinet, oder Nachricht von dem Gebrauche und den Eigenſchaften der Reagentien. 8. 6 gr.
Deſſen, allgemein verſtändliche Anleitung zu einer einfachen und leichten Art Salpeter zu bereiten, ohne beſondere Apparate und mit den gewöhnlichen Hausgeräthsſchaften. Für den Bürger und Landmann. 8. 8 gr.
Deſſen, Handbuch der parmaceutiſchen Waarenkunde, zum Gebrauch für Aerzte, Apotheker u. Droguiſten. 8. 4 rthlr.
Deſſen, Taſchenbuch für Aerzte, Chemiker u. Pharmaceutiker, auf das Jahr 1803 4 u. 5. Mit Kupfern. gr 12. 3 rthlr. 4 gr.
Trotter, Th. medicina nautica, ein Verſuch über die Krankheiten der Seeleute. Aus dem Engl. überſetzt von D. E. Werner und mit einer Vorrede v. Hrn. Hofrath Dr. Hufeland 2 Bde. 8. 1 rthlr. 8 gr.

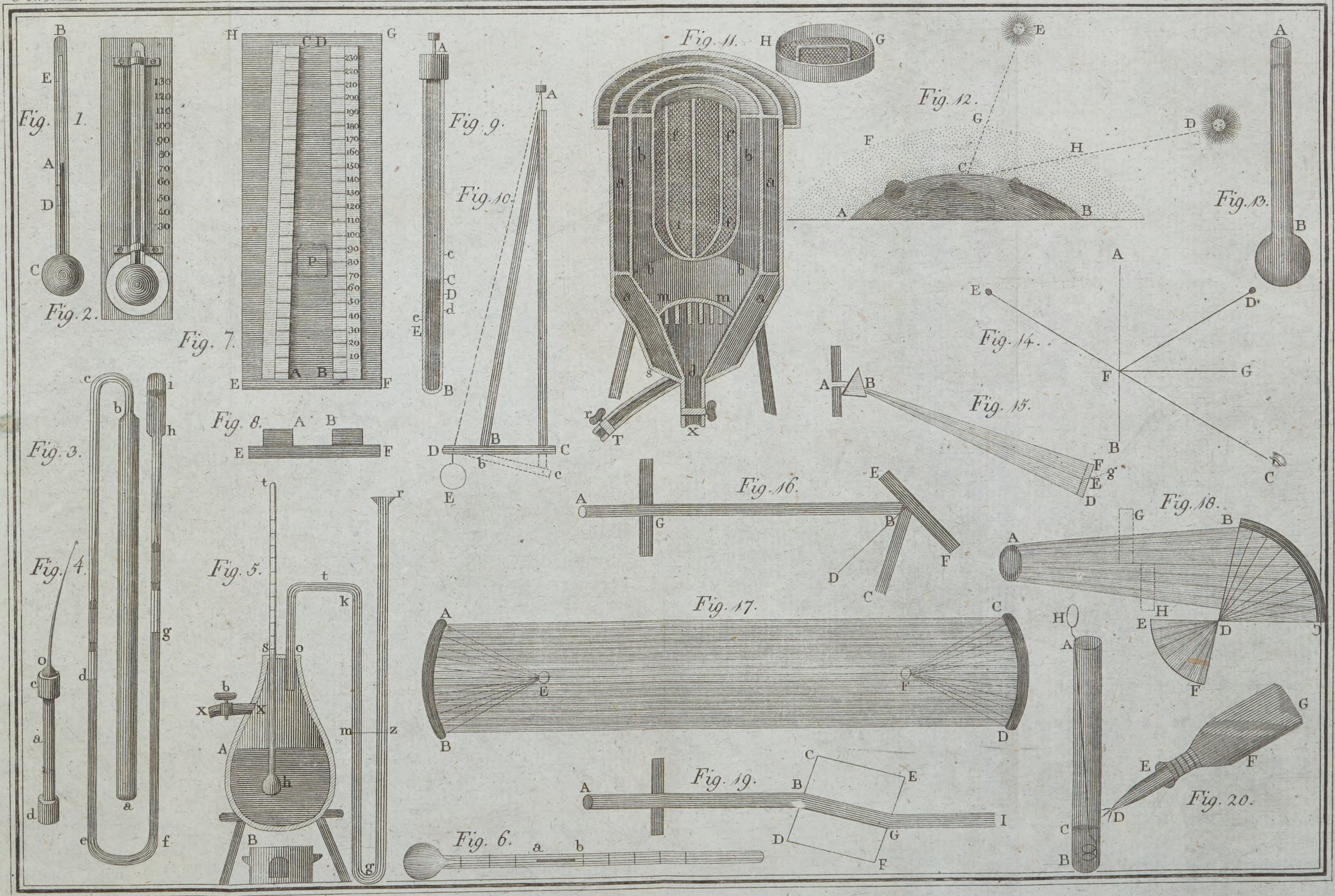
Fig. 1.
Fig. 2.
Fig. 3.
Fig. 4.
Fig. 5.
Fig. 6.
Fig. 7.
Fig. 8.
Fig. 9.
Fig. 10.
Fig. 11.
Fig. 12.
Fig. 13.
Fig. 14.
Fig. 15.
Fig. 16.
Fig. 17.
Fig. 18.
Fig. 19.
Fig. 20.

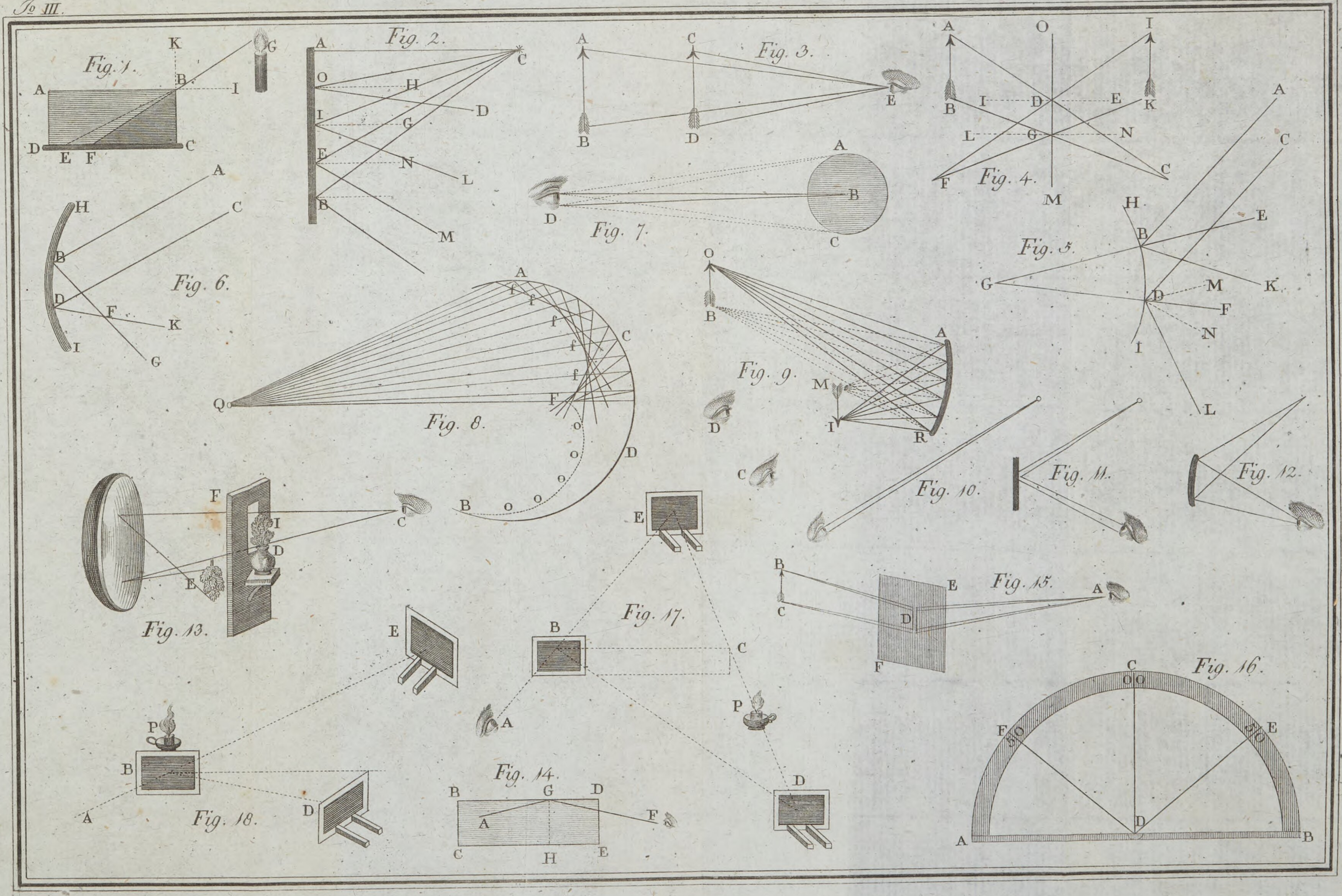
Fig. 1.
Fig. 2.
Fig. 3.
Fig. 4.
Fig. 5.
Fig. 6.
Fig. 7.
Fig. 8.
Fig. 9.
Fig. 10.
Fig. 11.
Fig. 12.
Fig. 13.
Fig. 14.
Fig. 15.
Fig. 16.
Fig. 17.
Fig. 18.

Plate XX

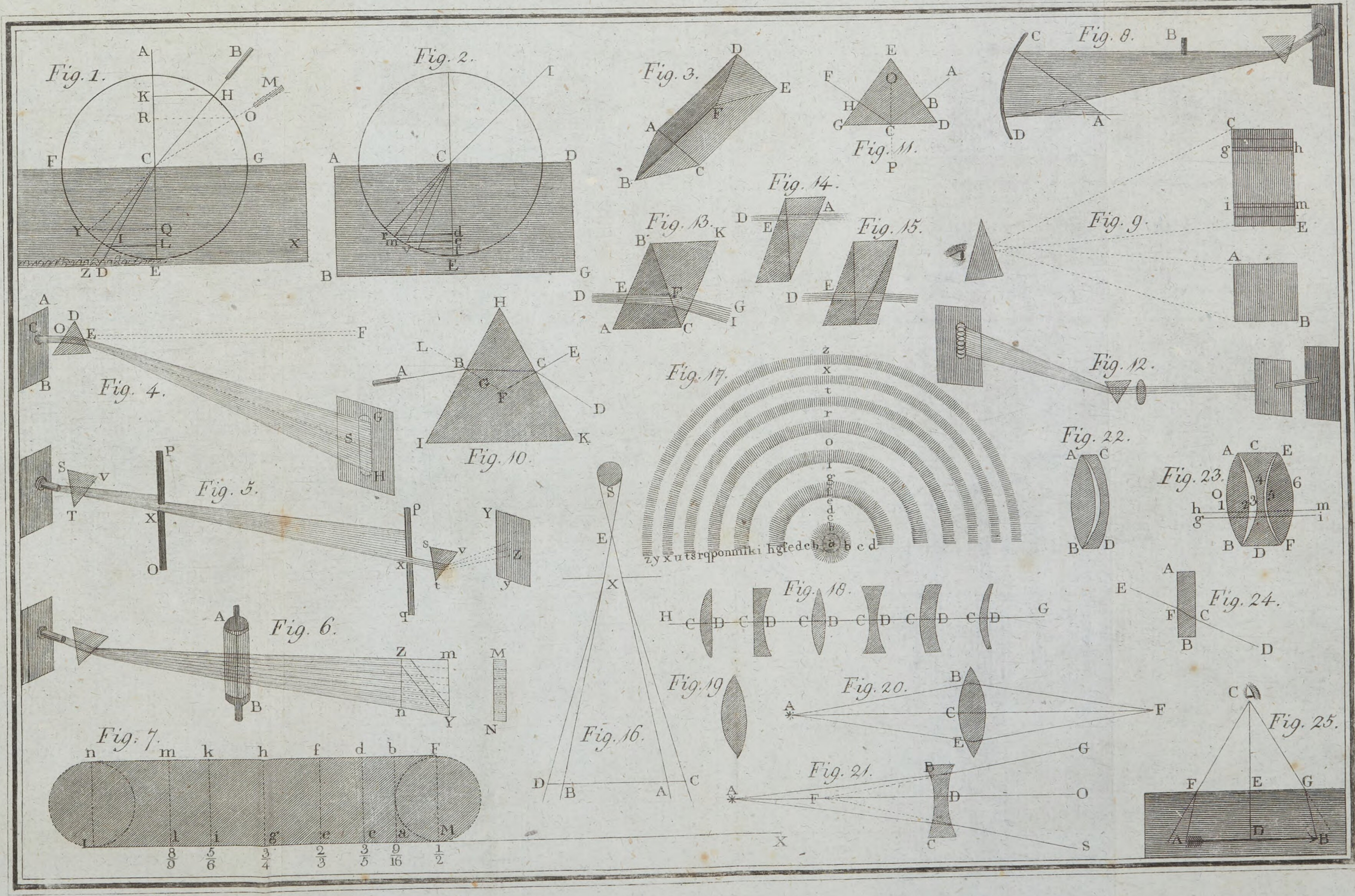

Fig. 1.
Fig. 2.
Fig. 3.
Fig. 4.
Fig. 5.
Fig. 6.
Fig. 7.
Fig. 8.
Fig. 9.
Fig. 10.
Fig. 11.
Fig. 12.
Fig. 13.
Fig. 14.
Fig. 15.
Fig. 16.
Fig. 17.
Fig. 18.
Fig. 19.
Fig. 20.
Fig. 21.
Fig. 22.
Fig. 23.
Fig. 24.
Fig. 25.

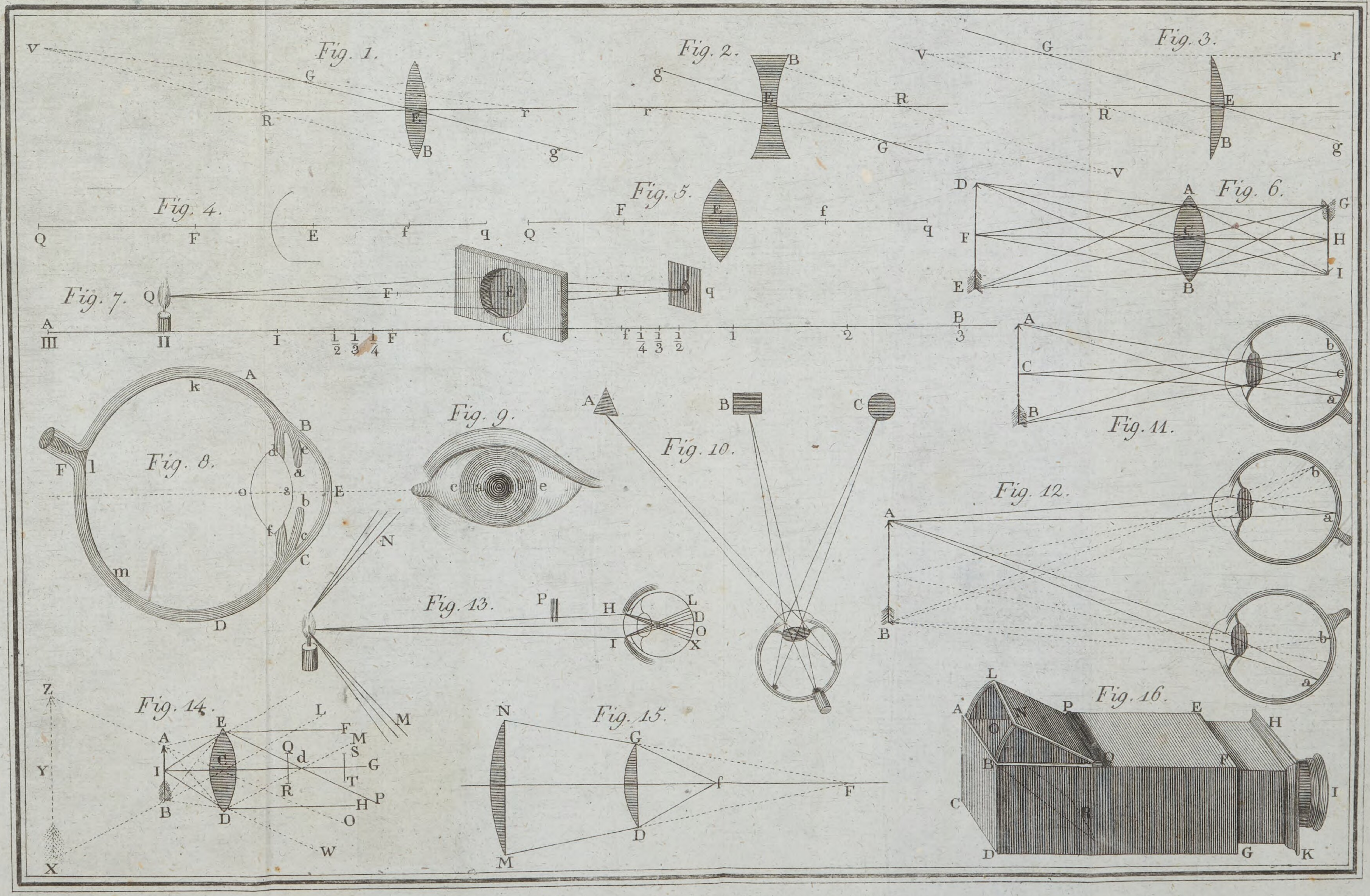
Fig. 1.
Fig. 2.
Fig. 3.
Fig. 4.
Fig. 5.
Fig. 6.
Fig. 7.
Fig. 8.
Fig. 9.
Fig. 10.
Fig. 11.
Fig. 12.
Fig. 13.
Fig. 14.
Fig. 15.
Fig. 16.

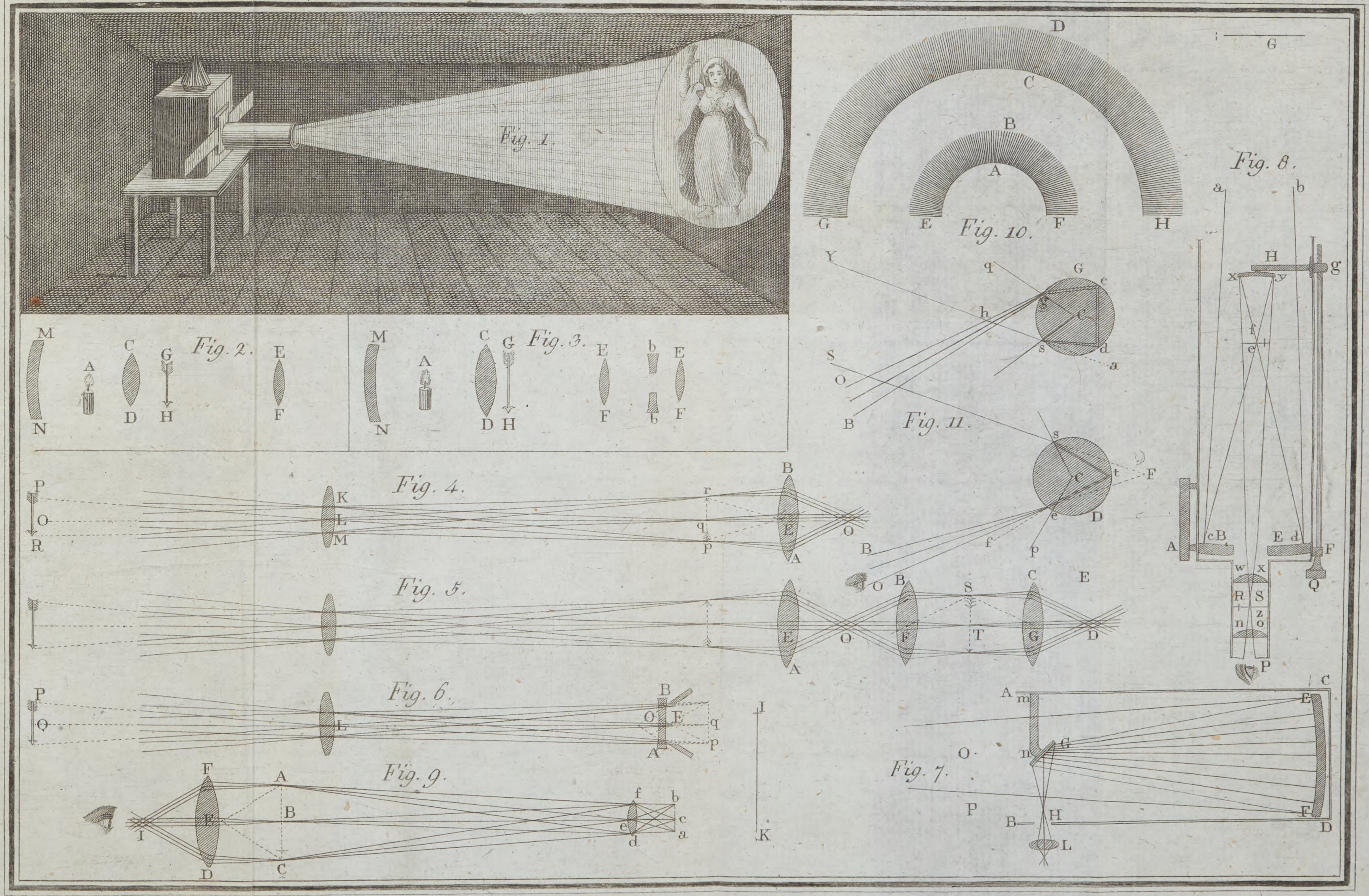
Fig. 1.
Fig. 2.
Fig. 3.
Fig. 4.
Fig. 5.
Fig. 6.
Fig. 7.
Fig. 8.
Fig. 9.
Fig. 10.
Fig. 11.

Bayerische StaatsBibliothek
Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Cavallo, Tiberius,

Tiberius Cavallo's ausführliches Handbuch der Experimental-Naturlehre in ihren reinen und angewandten Theilen

Bd.: 3

(1805)

Bamberg, Staatsbibliothek -- AGB Q 2(3
urn:nbn:de:bvb:12-bsb11421470-5